



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE
LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID DE LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ROSA KARINA QUINATO A CHIMBOLEMA

DIRECTOR: Ing. HANNÍBAL LORENZO BRITO MOÍNA

Riobamba – Ecuador

2020

2020, Rosa Karina Quinatoa Chimbolema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Rosa Karina Quinatoa Chimbolema declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de Febrero del 2020






Rosa Karina Quinatoa Chimbolema

020213654-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El proyecto técnico: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA” de responsabilidad de la Rosa Karina Quinatoa Chimbolema, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Bolívar Edmundo Flores Humante PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 BOLIVAR EDMUNDO FLORES HUMANANTE	2020-02-10
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA	2020-02-10
Ing. César Arturo Puente Guijarro MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 CESAR ARTURO PUENTE GUIJARRO	2020-02-10

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi Madre Gloria Esthela Chimbolema Guzmán, por ser el pilar fundamental en mi vida sin ella no hubiera alcanzado mi primer objetivo profesional.

A mis hermanas, Elizabeth, Mariela, Liliana y Nayerli, por su apoyo moral en este arduo camino.

A mis hermanos Joselito, Joel y Justin, quienes me han motivado a continuar.

A mis sobrinos, Jhonatan y Jacob, por ser la alegría que me irradian a cada instante

Karina

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Padre Dios por todas las bendiciones que me ha brindado durante mi corta existencia y por siempre mostrarme la luz al final del túnel.

A mi Mamita Gloria Esthela que a lo largo de mi vida me ha enseñado los más valiosos valores, quién ha pesar de los años difíciles que ha tenido sigue siendo una mujer luchadora, generosa, buena, que me brinda su apoyo y comprensión en todo momento.

A mis hermanas Elizabeth, Mariela, Liliana, Nayerli, mis hermanos Joselito, Joel, Justin, que con sus risas, llantos nos hemos mantenido unidos, gracias por estar presentes en mi proceso profesional y personal.

Con infinita gratitud a mis docentes. En especial al Ing. Hannibal Brito, Director de la Tesis y al Ing. César Puente, Colaborador de la tesis, quienes con sus conocimientos se encargaron de guiarme en el desarrollo de mi trabajo de titulación.

A los Ingenieros Freddy Lema y Marco Manzano por los consejos, amistad, cariño, que recibí a nivel personal y estudiantil.

A mis amig@s con los cuales he compartido los más bellos momentos, gracias por las extensas conversas y por los consejos que recibí.

A SPLENDID su lavandería y su Gerente – Propietaria Lcda. Lourdes Beatriz Calle, quién me abrió las puertas, proporcionandome el aval para la realización de mi trabajo de titulación.

Karina

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.	Identificación del Problema.....	1
1.2.	Justificación del Proyecto	2
1.3.	Línea de base del Proyecto	3
1.3.1.	<i>Situación actual</i>	3
1.3.2.	<i>Marco Conceptual</i>	3
1.3.2.1.	<i>Procesos de lavado</i>	3
1.3.2.2.	<i>Aguas Residuales de una Lavandería</i>	5
1.3.2.3.	<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	10
1.3.2.4.	<i>Tratamiento de aguas residuales en una lavandería</i>	10
1.3.3.	<i>Marco legal</i>	16
1.4.	Beneficiarios Directos e Indirectos	18
1.4.1.	<i>Directos</i>	18
1.4.2.	<i>Indirectos</i>	18

CAPÍTULO II

2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	19
2.1.	Objetivo General	19
2.2.	Objetivos Específicos	19

CAPÍTULO III

3.	ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR	20
3.1.	Localización del proyecto	20
3.2.	Ingeniería del proyecto	21

3.2.1.	Tipo de estudio	21
3.2.2.	Métodos y técnicas	21
3.2.2.1.	Métodos	21
3.2.2.2.	Técnicas.....	22
3.2.3.	Tratabilidad del agua residual	23
3.2.3.1.	Índice de biodegradabilidad.....	23
3.2.3.2.	Aireación	23
3.2.3.3.	Test de jarras.....	24
3.2.4.	Determinación del Caudal.....	27
3.2.5.	Resultados de los análisis	32
3.2.5.1.	Análisis del agua residual procedente del proceso de lavado de la Lavandería SPLENDID	32
3.2.6.	Cálculos de Ingeniería.....	33
3.2.6.1.	Cálculo del consumo de agua diario total.....	33
3.2.6.2.	Cálculo del caudal total	34
3.2.6.3.	Cálculo para el sistema de rejillas	34
3.2.6.4.	Cálculo para el sistema del canal	38
3.2.6.5.	Cálculo para el sistema de homogeneización	40
3.2.6.6.	Cálculo para el sistema de aireación.....	43
3.2.6.7.	Cálculos para el Sistema de Coagulación – Floculación	45
3.2.6.8.	Cálculo para las Eras de Secado	50
3.2.6.9.	Cálculo para la Dosificación	52
3.2.7.	Resultado del dimensionamiento de equipos	53
3.3.	Procesos de producción.....	55
3.3.1.	Químicos necesarios para el proceso de producción.....	55
3.3.2.	Procedimiento de operación.....	55
3.4.	Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria	57
3.4.1.	Muestreo del Agua residual.....	57
3.4.2.	Medición del caudal.....	57
3.4.3.	Caracterización físico-química y microbiológica del agua	57
3.4.4.	Pruebas de tratabilidad.....	58
3.5.	Análisis de costo/beneficio del proyecto	58
3.6.	Cronograma de ejecución del Proyecto.....	62
	CONCLUSIONES.....	63
	RECOMENDACIONES.....	64
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Información típica de la eficiencia de la transferencia de oxígeno de varios	14
Tabla 2-1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	16
Tabla 1-3: Características de la localización de la Lavandería SPLENDID en la ciudad.....	20
Tabla 2-3: Métodos utilizados en la caracterización del agua residual.....	22
Tabla 3-3: Índice de Biodegradabilidad.....	23
Tabla 4-3: Test de Jarras, Soluciones al 10%	25
Tabla 5-3: Test de Jarras (Policloruro de Aluminio)	26
Tabla 6-3: Volumen de agua utilizada en cada lavadora	27
Tabla 1-3: Peso de la ropa utilizada en cada lavadora	27
Tabla 8-3: Cantidad de lavadoras utilizadas en el proceso de lavado en el mes de Mayo.....	27
Tabla 9-3: Consumo del caudal en la primera semana de Mayo	28
Tabla 10-3: Consumo del caudal en la segunda semana de Mayo.....	28
Tabla 11-3: Consumo del caudal en la tercera semana de Mayo	28
Tabla 12-3: Consumo del caudal en la cuarta semana de Mayo	29
Tabla 13-3: Cantidad de lavadoras utilizadas en el procesos de lavado en el mes de Junio	29
Tabla 14-3: Consumo del caudal en la primera semana de Junio	29
Tabla 15-3: Consumo del caudal en la segunda semana de Junio	30
Tabla 16-3: Consumo del caudal en la tercera semana de Junio.....	30
Tabla 17-3: Consumo del caudal en la cuarta semana de Junio.....	30
Tabla 18-3: Cantidad de lavadoras utilizadas en el proceso de lavado en el mes de Julio	31
Tabla 19-3: Consumo del caudal en la primera semana de Julio	31
Tabla 20-3: Consumo del caudal en la segunda semana de Julio	31
Tabla 21-3: Consumo del caudal en la tercera semana de Julio	32
Tabla 22-3: Consumo del caudal en la cuarta semana de Julio.....	32
Tabla 23-3: Resultados de la caracterización del agua residual en el proceso de lavado de la lavandería SPLENDID	32
Tabla 24-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica	34
Tabla 25-3: Información típica para el diseño del canal	38
Tabla 1-3: Valores de la Gradiente de velocidad (G) y el tiempo de detención típico de	42
Tabla 27-3: Información típica para el diseño de tanques de aireación.....	43
Tabla 28-3: Información Típica para el diseño del tanque floculador	45
Tabla 29-3: Valores de K para las necesidades de energía de mezclado	48
Tabla 30-3: Tiempo requerido para la digestión	50
Tabla 31-3: Características para la construcción del sistema de rejillas	53

Tabla 32-3: Características para la construcción del sistema de homogeneización.....	54
Tabla 33-3: Características para la construcción del sistema de aireación	54
Tabla 34-3: Características para la construcción del sistema de Coagulación - Floculación.....	54
Tabla 35-3: Características para la construcción del sistema de Eras de secado	55
Tabla 36-3: Normativa y Materiales usados en la muestra del agua residual	57
Tabla 37-3: Materiales y equipos para la medición del caudal	57
Tabla 38-3: Materiales, reactivos y equipos para la caracterización físico química	57
Tabla 39-3: Materiales, reactivos y equipos para la caracterización microbiológica	58
Tabla 40-3: Materiales, reactivos y equipos para la tratabilidad del agua residual.....	58
Tabla 41-3: Costo civil de la mano de obra para el sistema de tratamiento.....	59
Tabla 42-3: Costo civil de la mano de obra	60
Tabla 43-3: Costo de insumo por mes para el tratamiento de agua residual.....	61
Tabla 44-3: Costo total para la implementación del sistema de tratamiento	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Diagrama del Proceso de Lavado	5
Gráfico 1-3: Histograma Turbiedad vs Concentración	26
Gráfico 2-3: Histograma pH vs Concentración.....	26
Gráfico 3-3: Diagrama de flujo del tratamiento de aguas residuales del proceso de lavado.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Mapa del Proceso de Lavado en la Lavandería SPLENDID	4
Figura 2-1: Tratamiento preliminar con rejillas.....	11
Figura 3-1: Reja de barra de limpieza manual	12
Figura 4-1: Limpieza mecánica	13
Figura 1-3: Ubicación Geográfica de la Lavandería SPLENDID.....	21
Figura 2-3: Factores de forma β para secciones de barras	38

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-3: Aireación del Agua	24
Fotografía 2-3: Soluciones al 10% en un litro de agua	25
Fotografía 3-3: Soluciones de PAC al 10%	25

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Registro Oficial N° 387, Acuerdo Ministerial 097-A, del 4 de Noviembre del 2015

ANEXO B. Caracterización Inicial del Agua Residual

ANEXO C. Caracterización del Agua Residual (Tensoactivos)

ANEXO D. Caracterización del agua después de la Aireación

ANEXO E. Caracterización del Agua mediante la Tratabilidad del Test de Jarras

ANEXO F. Punto de Muestreo del Agua Residual

ANEXO G. Caracterización Inicial del Agua Residual parte I

ANEXO H. Caracterización Inicial del Agua Residual parte II

ANEXO I. Caracterización Inicial del Agua Residual parte III

ANEXO J. Pruebas de Tratabilidad mediante el tratamiento de Aireación

ANEXO K. Pruebas de Tratabilidad mediante el Test de Jarras parte I

ANEXO L. Pruebas de Tratabilidad mediante el Test de Jarras parte II

ANEXO M. Sistema de rejillas

ANEXO N. Tanque Homogeneizador

ANEXO O. Tanque de Aireación

ANEXO P. Tanque de Coagulación y Floculación

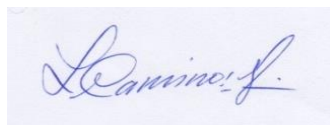
ANEXO Q. Tanque de eras de Secado

ANEXO R. Plano General

RESUMEN

El presente trabajo de titulación, se realizó con el objetivo de minimizar la contaminación y reutilizar el agua proveniente del proceso de lavado en la lavandería SPLENDID de la ciudad de Riobamba. Se efectuó la recolección de muestras compuestas, de igual manera la caracterización físico-químico y microbiológica del agua residual, se analizó los parámetros en base a los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. El efluente caracterizado obtuvo: Demanda Química de Oxígeno (DQO) 1240 mg/L; Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) 536 mg/L; Fosfatos 85 mg/L; Tensoactivos 222 mg/L. El valor del índice de biodegradabilidad es de 0.43 que establece un Sistema de Tratamiento físico-químico. Los procesos que se utilizó fue por aireación, coagulación-floculación también se aplicó reactivos de Sulfato de Aluminio, Policloruro de Aluminio y Cloruro Férrico, para obtener la dosificación óptima en la tratabilidad del agua. Las variables que se identificó permitió diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales que consta: de un vertedero, rejillas, tanque homogeneizador, tanque de aireación y un tanque de coagulación – floculación. Los resultados del agua tratada: DQO 225 mg/L con un porcentaje de remoción del 78.54%; DBO₅ 115 mg/L con un porcentaje de remoción del 79,44%; Fosfatos 2.5 mg/L con un porcentaje de remoción del 97.06%; Tensoactivos 1.8 mg/L con un porcentaje de remoción del 99.19%. Se validó en el Laboratorio de Calidad del Agua de la ESPOCH y el Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH acreditada por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE). Y se concluye que el diseño propuesto es fiable para su ejecución.

PALABRAS CLAVES: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO>, <AGUAS RESIDUALES>, <PROCESO DE LAVADO>, <TEST DE JARRA>.



03-08-2020

0168-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

The present research work was carried out to minimize contamination and reuse the water from the washing process in the SLENDID laundry in Riobamba city. The collection of composite samples was carried out, as well as the physical-chemical and microbiological characterization of the wastewater. The parameters were analyzed based on the permissible limits of Table N°8; Limits of Discharge to the Public Sewage System, of Ministerial Agreement 097-A. Annex 1 of Book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment: Environmental Quality and Effluent Discharge Standard to Water Resources. The characterized effluent obtained: Chemical Oxygen Demand (COD) 1240 mg/L; Biochemical Oxygen Demand (BOD5) 536 mg/L; Phosphates 85 mg/L; Surfactants 222 mg/L. The value of the biodegradability index is 0.43 which establishes a physical-chemical treatment system. The processes used were by aeration, coagulation-flocculation, aluminum reagents, aluminum polychloride, and ferric chloride were also applied, to obtain the optimal dosage for water treatability. The variables identified allowed the design of the wastewater treatment system, which consists of a landfill, grids, homogenizer tank, aeration tank, and a coagulation-flocculation tank. The results of the treated water: COD 225 mg/L with a 78.54% removal percentage; BOD5 115 mg/L with a 79.44% removal percentage; Phosphates 2.5 mg/L with a 97.06% removal percentage; Surfactants 1.8 mg/L with a 99.19% removal percentage. It was validated at ESPOCH Water Quality Laboratory and at UNACH Environmental Services Laboratory too. It was accredited by the Ecuadorian Accreditation Service (SAE). And it is concluded that the proposed design is reliable for its execution.

KEYWORDS: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <TREATMENT PLANT DESIGN>, <WASTEWATER>, <WASHING PROCESS>, <JAR TEST>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

En la resolución de la Secretaría Nacional del Agua SENAGUA, menciona que en el Ecuador el 88% de las aguas que es empleado para el consumo humano, no recibe ningún tratamiento, que es descargado directamente en ríos y quebradas. (Ecuador: 88% de las aguas residuales llega a los ríos, 2018)

En el cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo un grupo de empresarios promovieron la implementación de lavandería automática de lavado en seco en el año de 1990, y debido al crecimiento poblacional en el año 2000 establecen varias lavanderías automáticas para ahorrar tiempo y dinero. (CALLE, 2017)

SPLENDID su lavandería de la ciudad de Riobamba, dio inicio a sus actividades en el año 2005, se caracteriza por ofrecer un servicio moderno, ofreciendo un completo servicio de lavado al estilo americano. Comienza con la recepción de la ropa, hasta su secado y doblado de las prendas. Su creación tuvo como finalidad, ofrecer comodidad a una sociedad moderna. (CALLE, 2017)

Realizarón un estudio en el 2014 sobre las aguas provenientes de esta empresa, pero estás aún no se encuentran dentro de los límites permisibles que establece la norma vigente.

De acuerdo a los antecedentes de la lavandería “SPLENDID” es indudable la necesidad de introducir una mejora en el proceso de lavado, pues, la empresa incumple con las normativas ambientales. Por lo que se dispone solucionar el problema con un diseño de sistemas de tratamientos de aguas residuales, razón por la cuál la empresa descarga sus agua residual proveniente del proceso de lavado, directamente al alcantarillado sin cumplir con los parámetros que exige los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

1.2. Justificación del Proyecto

En los últimos años la concientización sobre el medio ambiente, es un tema global, por tal razón las industrias, empresas, tratan de enmendar la contaminación que generan. Las aguas residuales ocasionan problemas por la gran cantidad de materia orgánica, metales, sólidos, microorganismos, otros contaminantes, que, sin su previo tratamiento pueden deteriorar el ecosistema y la vida en general.G

En la lavandería SPLENDID los requerimientos normativos, así como la necesidad de ahorrar y reutilizar el agua en la empresa, hacen necesario que se investigue nuevos procesos que permitan mejorar la remoción de componentes difícilmente biodegradables en el efluente.

Por los procesos operativos de la empresa se conoce, que al utilizar desengrasantes, detergentes, desinfectantes y suavizantes, las aguas residuales del lavado van directamente al alcantarillado, sin ningún tratamiento previo, ocasiona problemas graves al medio ambiente. En general estás moléculas de limpiadores utilizados en la actualidad son de estructuras variadas y complejas.

Para el diseño de la planta de tratamiento, es necesario considerar parámetros como: caudal del diseño, vida útil del diseño propuesto, factores de contaminación, insumos y limpiadores utilizados en el proceso de lavado, concentración de las aguas residuales, todo basado en las normas generales para el diseño de tratamiento de aguas residuales, que cumplan con los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Una de las razones más importantes que motivan el estudio es para minimizar los costos de adquisición de agua, reutilizar el agua proveniente del proceso de lavado. Además la lavandería SPLENDID pretende duplicar su servicio, se ubicará en el parque industrial en las calles Av. Celso Augusto Rodríguez y Bolívar Bonilla, actualmente ubicada en las calles Morona 2358 y Veloz, por los motivos indicados, se requiere el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales, tomando en cuenta la proporcional a la ampliación, que tendrá la duplicación del caudal del agua residual a tratar.

1.3. Línea de base del Proyecto

1.3.1. Situación actual

SPLendid su lavandería, ubicada en las calles Morona 2358 y Veloz, del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, es una lavandería dirigida por la Lcda. Lourdes Beatriz Calle Calle Gerenta Propietaria. Se caracteriza por ofrecer un servicio completo, que incluye desde la recepción de la ropa hasta el secado y doblado de las prendas, con un sistema moderno al estilo americano, que se realiza mediante procesos tecnificados, con maquinaria sofisticada, siguiendo estrictas normas de higiene y clasificación de acuerdo al requerimiento de cada prenda y acorde a la necesidad del cliente. (CALLE, 2017)

Señala la Lcda. Lourdes Beatriz Calle que la demanda de lavado, ha aumentando en los últimos años, por lo que ampliará sus instalaciones, ubicándolo en el parque industrial en las calles Av. Celso Augusto Rodríguez y Bolívar Bonilla. Una de las responsabilidades es cumplir con la normativa que exige para ser desfogado al alcantarillado público.

1.3.2. Marco Conceptual

1.3.2.1. Procesos de lavado

Constituye 4 subprocesos, con un total de 30 minutos del transcurso del proceso.

Etapas de Pre lavado: Es el primer proceso de lavado, al seleccionar esta opción arrastra el detergente disuelto con agua (50%/50%). Dura 6 minutos.

Etapas de Lavado: Es el corazón de la lavandería industrial, aquí se coloca detergente puro, desinfectante puro y desengrasante en polvo. Dura 8 minutos.

Etapas del Primer Enjuague: Solo se utiliza agua. Dura 5 minutos.

Etapas del Segundo Enjuague: El último proceso se utiliza suavizante y desinfectante. Dura 9 minutos.

A continuación se muestra como está distribuido la Lavandería SPLendid.

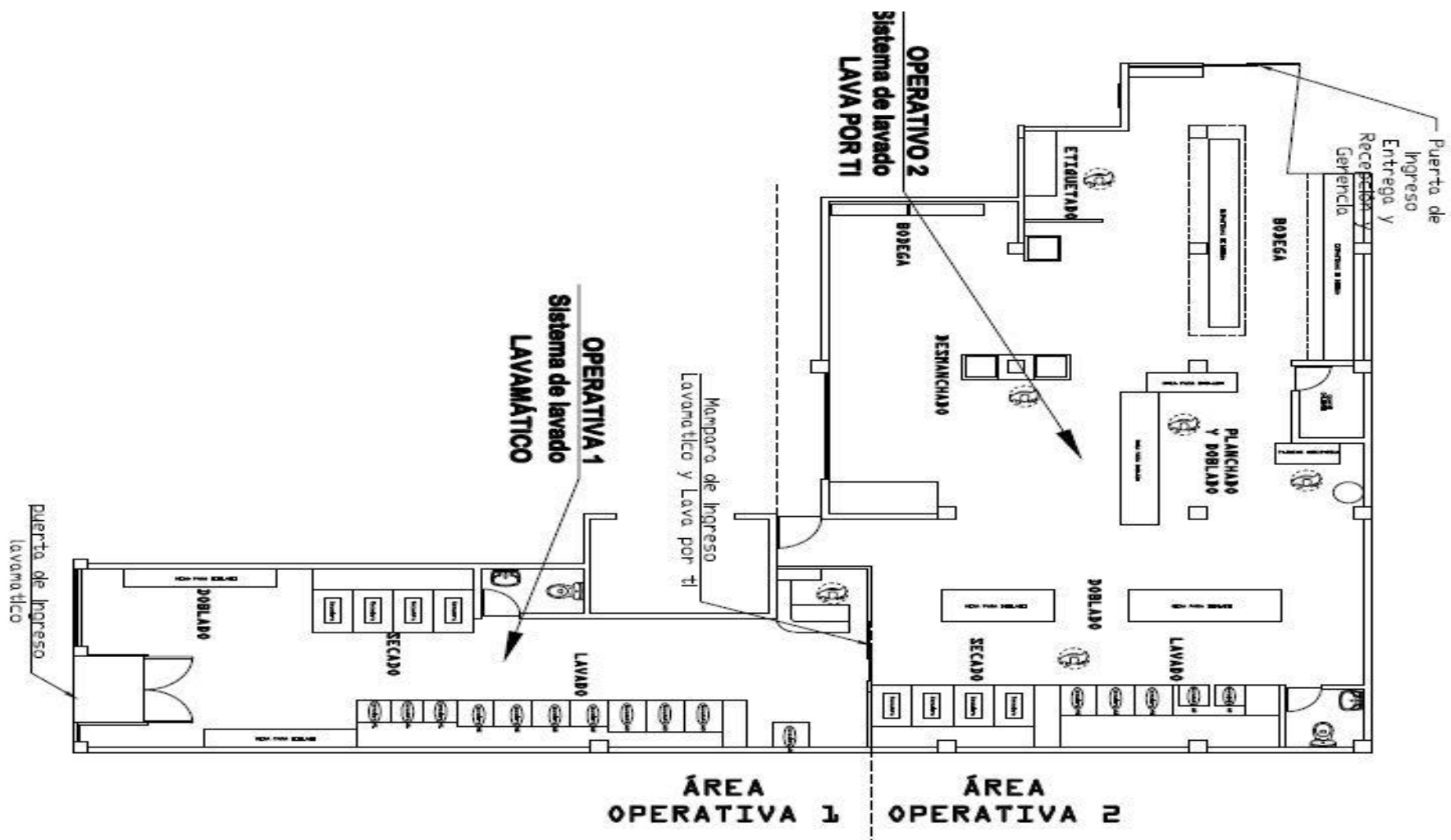


Figura 1-1: Mapa del Proceso de Lavado en la Lavandería SLENDID

Fuente: (CALLE, 2017)

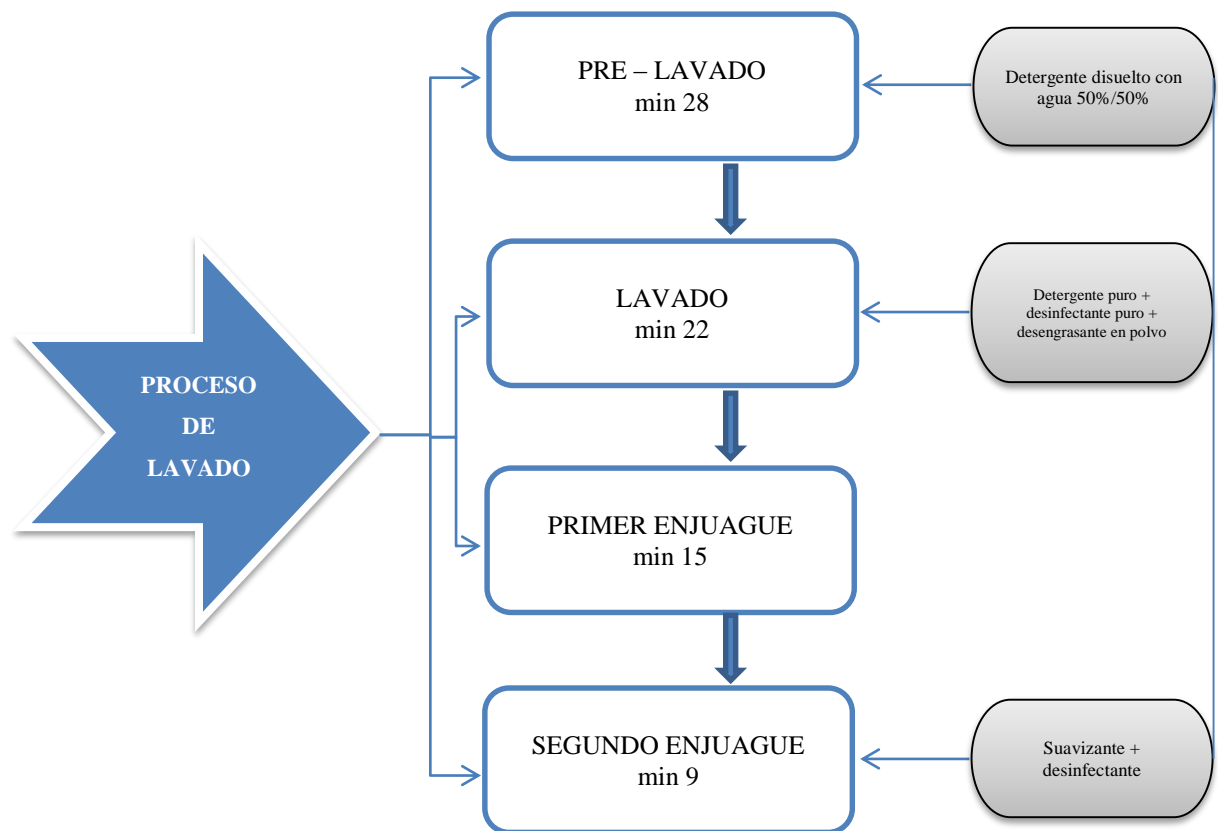


Gráfico 1-1: Diagrama del Proceso de Lavado

Fuente: (CALLE, 2017)

Realizado: Quinatoa, Karina, 2018

1.3.2.2. Aguas Residuales de una Lavandería

El agua residual esta principalmente compuesto por el 99% de agua potable, el 0.1% por peso de solidos suspendidos, disueltos, coloidales, sedimentales, también como gases disueltos O₂, CO₂, H₂S, N₂ y componentes biológicos como bacterias micro, microorganismo y virus. (Composición de las Aguas Residuales, 2018)

Los detergentes y los jabones son compuestos que reducen la tensión superficial permitiendo la extracción dela suciedad acumulada sobre, prendas, recipientes e incluso sobre la piel humana. También ingresan detergentes, reductores de dureza o ablandadores del agua, ajustadores de pH, suavizantes, aromatizantes, etc. Existen tres tipos de detergentes aniónicos, no iónicos y catiónicos. (MARÍN, 2013)

Las características de estas aguas suelen tener un valor alto de tensoactivos, DQO, DBO₅, conductividad, presencia de colorantes orgánica y fosfatos, depende principalmente del agua residual que se vaya a tratar. (MARÍN, 2013)

A continuación, se describen los principales contaminantes nombrados:

- **Contaminación por tensoactivos (detergentes) en una lavandería**

Los tensoactivos están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua y que son los responsables de la aparición de espumas en la planta de tratamiento y en la superficie de los cuerpos receptores de los vertidos del agua residual. Tienden a concentrarse en la interface aire-agua. (RUSSELL, 2012)

- **Contaminación de fosfatos en una lavandería**

El análisis de este elemento es importante para evitar el crecimiento de algas y otros microorganismos biológicos. Se puede encontrar al fosforo en soluciones acuosas que incluyen a los ortofosfatos, polifosfatos y fosforo orgánico. Depende de la concentración de fosforo existente en el agua puede producir la eutrofización. Tan solo 1 gramo de fosforo provoca el crecimiento de hasta 100g de algas, cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150g. Este Fosforo proviene de detergentes, productos de limpieza, fertilizantes y desechos de los seres vivos. (CRITES, 2000 pág. 52)

- **Contaminación de DQO y DBO₅ en una lavandería**

- ✓ **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. (RUSSELL, 2012)

- ✓ **Demanda Química de Oxígeno**

Es empleada para la medición de la materia orgánica que contengan compuestos tóxicos para la vida biológica. Mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas e inorgánicas. (RUSSELL, 2012)

- **Contaminación por el Potencial de Hidrogeno en una lavandería**

Es aquella que mide el grado de acidez o alcalinidad que tiene una muestra y su escala de medición es de 0 a 14 en donde 7 representa neutralidad, debajo de este valor representa acidez y arriba de siete representa alcalinidad. El pH controla muchas reacciones químicas y su carácter ácido o

básico son indeseables debido a que provocan corrosión y presentan dificultades en su tratamiento. El intervalo óptimo de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho entre (5 – 7), con valores menores a 5 y mayores a 9 es más difícil para los tratamientos de los procesos biológicos. (RUBENS, 1996 pág. 176)

- **Contaminación por turbidez en una lavandería**

La turbiedad es considerada una buena medida de la calidad del agua con respecto a la presencia de partículas coloidales y suspendidas. Cuantos más sólidos haya en el agua más sucia parecerá está y más alta será el valor de turbidez. Las sustancias coloidales impiden la transmisión de la luz ya que la absorbe o dispersa. (CRITES, 2000 pág. 42)

- **Otros contaminantes en una lavandería**

Existen diferentes contaminantes, no presentan ningún peligro, pero si forman parte del tratamiento para cumplir con los límites permisibles de la normativa vigente como: color, olor, temperatura, solidos, conductividad eléctrica, acidez, alcalinidad, cloro, cobre, hierro, manganeso, sulfatos, grasas y aceites, Coliformes fecales y Coliformes totales.

- ✓ **Color**

Se clasifica en dos tipos de colores tales como: el color aparente por solidos suspendidos y color verdadero causado por sustancias disueltas y coloidales, este se obtiene de una muestra filtrada. En forma Cualitativa, puede ser utilizado para valorar la condición general del agua residual. (RUBENS, 1996 pág. 176)

- ✓ **Olor**

Este es importante debido a que el público a puesto interés, más que la propia operación de las instalaciones de tratamiento de las aguas residuales. Normalmente, los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica e inorgánica. Pueden ser medidos mediante métodos sensoriales e instrumentales. El método sensorial se puede efectuar mediante el olfato de las personas, pero el método instrumental se lo puede realizar por medio del numero umbral de olor ($NUO = A+B/A$), en donde, A = ml de muestra y B = ml de agua libre de olor. (CRITES, 2000 págs. 44 - 45)

✓ **Temperatura**

La temperatura del agua residual suele ser siempre un poco más elevada que la del agua de suministro. Es un parámetro importante dado su influencia, tanto en el desarrollo de la vida acuática como las reacciones químicas y velocidades de reacción. También depende de la temperatura para los procesos biológicos. En regiones frías varía entre (7 a 18°C), mientras que en regiones cálidas la variación será (13 a 30°C). (METCALF & EDDY, 2005 págs. 70 - 72).

✓ **Sólidos**

El agua residual contiene una gran cantidad de sustancias sólidas, los materiales gruesos son removidos antes de ser analizados. Pueden estar presentes en suspensión o en solución. Siendo totales, suspendidos, disueltos y sedimentables. Influenciados en forma de gases, sales y como materia que se sedimenta en el fondo del recipiente. (CRITES, 2000 págs. 33 - 34)

✓ **Conductividad eléctrica**

Es la capacidad que tiene el agua para conducir la electricidad eléctrica. Esta es transportada por iones en solución, el aumento de la concentración de iones provoca un aumento en la conductividad. Iones como Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. (ROMERO, 2008)

✓ **Acidez**

Debido a la gran cantidad de desechos industriales es probable encontrarnos en algún tipo de acidez mineral por debajo de 4.5 unidades de pH. Pueden estar presentes de Fosforo, Nitrógeno, Cianuro, Fluoruro, Sílice, Azufre y Oxígeno. (CRITES, 2000 pág. 48)

✓ **Alcalinidad**

Es aquella que tiene la capacidad de neutralizar los ácidos que constituye la suma de todas las bases titulables, el valor medido puede variar el pH. Depende del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos para que exista una medida directa de estas concentraciones. De elementos como calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), o de ion amonio (NH₄). Los más comunes son bicarbonato de calcio, calcio y el bicarbonato de magnesio. Los que rara vez son significativos son los boratos, silicatos, fosfatos y compuestos similares que contribuyen para la alcalinidad. Este análisis es determinado por titulación con un ácido normalizado dando como resultado en carbonatos de calcio (CaCO₃). (SEVERICHE SIERRA, y otros, 2013)

✓ **Cloro**

Es un importante desinfectante, si no que reacciona con el amonio, hierro, manganeso y otras sustancias productoras de olores y sabores. Al tener excesiva cantidad al momento de recircular en el proceso de lavado presentaría un color rojizo dañando la ropa, es por eso importante no tener mucha cantidad de cloro en el agua residual. (SEVERICHE SIERRA, y otros, 2013)

✓ **Cobre**

El cobre al existir en gran cantidad en el agua residual ocasiona problemas como sabor, olor, formando complejos con ligados inorgánicos y orgánicos, sorción en óxidos metálicos, arcilla, material particulado, bioacumulacion e interacción entres sedimento y agua también puede producir manchas en las tuberías y durante el lavado de ropa. Algunos procesos que pueden influenciar la excesiva cantidad de cobre es: dureza, alcalinidad del agua, fuerza iónica, pH y potencial Redox. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 78)

✓ **Hierro**

El Hierro II está en forma soluble y normalmente no causa ningún problema por sí misma. Pero si el Hierro II se oxida a formas de Hierro III que son Hidróxidos insolubles en agua. Estos son compuestos rojos corrosivos se acumulan en tubos de cañerías, tanques y equipo ablandador de agua. El Hidróxido de sodio produce bacterias de hierro y estas son sustancias limosas corrosivas con olor desagradable. (ROMERO, 2008)

✓ **Manganeso**

La presencia de magnesio forman una baba café – negra taponando los sistemas de descarga de las aguas residuales, los detergentes no remueven esas manchas. Contiene por lo general bacterias de manganeso alimentándose de minerales que hay en el agua. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 78)

✓ **Sulfatos**

Al tener sulfatos en el agua residual, pueden derivar sulfuros que son compuestos tóxicos, corrosivos y que presentan mal olor. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 78)

✓ **Grasas y Aceites**

La presencia de grasas y aceites en el agua residual puede provocar problemas tanto en la red de alcantarillado, si no se elimina el contenido antes del vertido puede interferir con la vida biológica en aguas superficiales y crear películas y acumulaciones de materia flotante desagradables. (MEFCALF & EDDY, 1995 págs. 74 - 75)

✓ **Coliformes Fecales**

Se encuentran en función de generar gas o colonias a una temperatura de incubación. Entre ellas tenemos *Klebsiella*, *Escherichia Coli*, *Streptococos Fecales*, *Enterococos*, *Cloustridium perfringens*, *P auruginosa* y *A hydrophila*. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 108)

✓ **Coliformes Totales**

Son capaces de tolerar altas temperaturas y se reproducen en gran cantidad por condiciones favorables de pH, temperatura, etc. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 108)

1.3.2.3. Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales antes de la descarga al medio ambiente, tiene como objetivo eliminar los contaminantes que el efluente presente, mediante las operaciones unitarias de uso físico, químico o microbiológico, de manera que cumplan la normativa vigente y puedan ser asimilados de forma natural por los cuerpos receptores donde van hacer vertidas o reutilizadas.

1.3.2.4. Tratamiento de aguas residuales en una lavandería

Los contaminantes del efluente pueden eliminarse mediante procesos físicos, químicos o biológicos.

a) Tratamiento Preliminar

Este tratamiento adecua el agua residual para los posteriores tratamientos, removiendo materiales, separando elementos de naturaleza aceitosa, grasosa y sólidos. Evitando problemas a equipos mecánicos, tuberías, válvulas, bombas, o depósitos en tanques. Y para minimizar la variación del caudal. (RUBENS, 1996 pág. 176)

✓ Desbaste

Elimina sólidos gruesos, trozos de madera, palos, trapos, cascara de frutas y raíces, etc. que están en suspensión o flotantes para proteger las plantas de tratamiento. Se utilizan rejillas con diversas separaciones, que pueden ser de limpieza manual o mecánica, el dimensionamiento va a depender del caudal del agua residual. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 204)

b) Sistema de rejillas



Figura 2-1: Tratamiento preliminar con rejillas
Fuente: (CRITES, 2000 pág. 246)

Las rejillas conocidas como cribas, son utilizadas para eliminar una gran cantidad de sólidos presentes en el agua residual. Evita el mal funcionamiento de bombas, válvulas, tuberías, entre otros. Es un elemento importante para el diseño de la planta de tratamiento. Existen dos tipos de rejillas las de limpieza manual y mecánica. Las rejas de limpieza manual tienen una inclinación de 30° a 60° con respecto al plano horizontal y las de limpieza mecánica tienen una inclinación de 60° a 90° . (CRITES, 2000 pág. 243)

Rejas de Limpieza Manual

Son utilizadas frecuentemente en estaciones de bombeo de agua residual antes de las bombas. En los casos en los que se utilice rejas de limpieza manual, su longitud no deberá exceder de la que permita su correcta limpieza, el canal donde se ubica la reja se debe proyectar de modo que evite la acumulación en el mismo de arenas y demás materiales pesados, tanto antes como después de la reja. La pendiente del canal deberá ser horizontal o descendente en la dirección de circulación a través de la reja, sin baches e imperfecciones en las que pudieran quedar atrapados algunos sólidos. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 510)

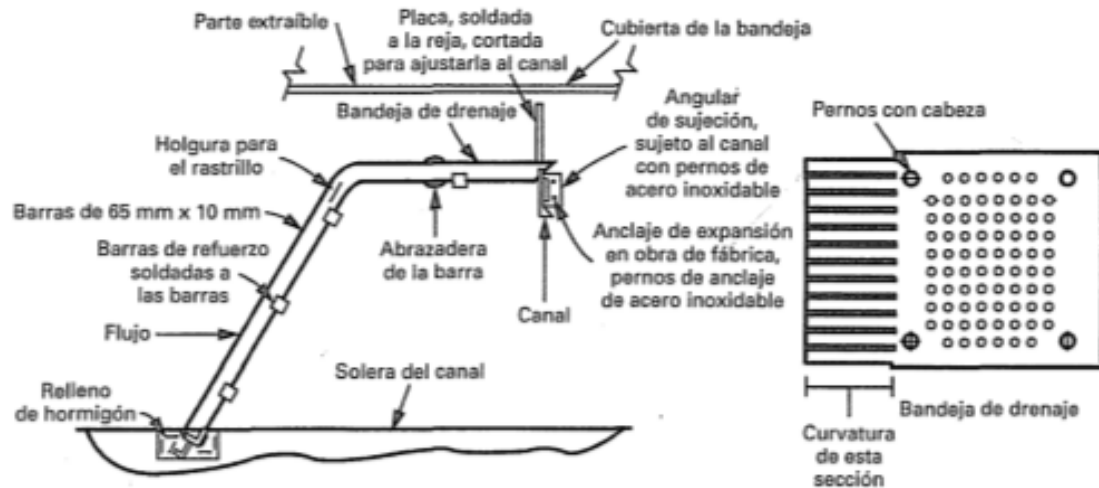


Figura 3-1: Reja de barra de limpieza manual

Fuente: (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 511)

Rejas de Limpieza Mecánica

Empleado en los sistemas de tratamiento desde hace más de 50 años. Con el objetivo de reducir los problemas de explotación, mantenimiento y para aumentar las posibilidades de separación de residuos. Los diseños más modernos utilizan materiales resistentes a la corrosión.

Se dividen en cuatro tipologías principales:

- Rejas de funcionamiento mediante cadenas, el tipo más frecuente
- Rejas de movimiento oscilatorio
- Catenarias
- Rejas accionadas mediante cables. (METCALF & EDDY, 2005 pág. 511)

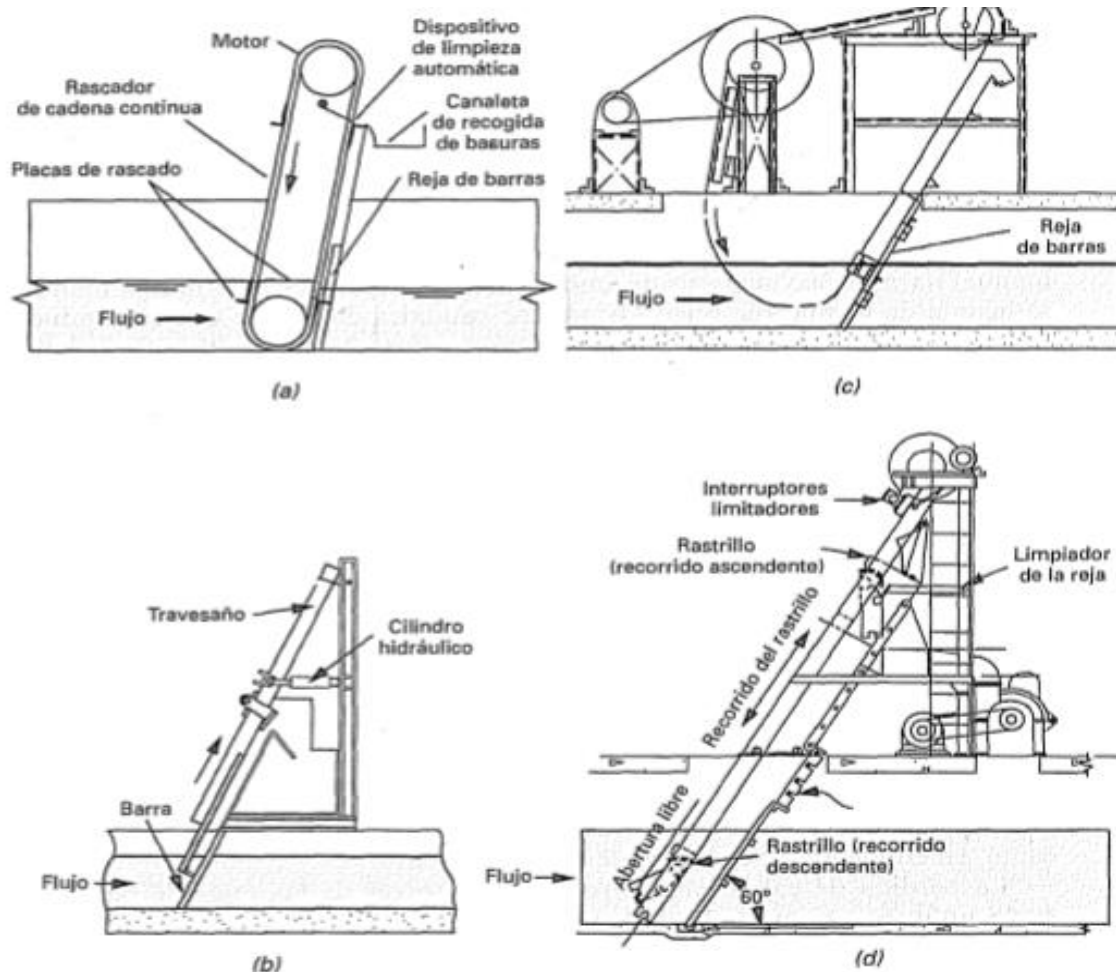


Figura 4-1: Limpieza mecánica

Fuente: (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 513)

Emplean cadenas que pueden dividirse en diferentes categorías depende de la limpieza que se lleve a cabo:

- Los de retorno frontales según la figura 5-3 parte a, son modernas y eficientes en la retención de sólidos, menos robustas y más susceptibles a que el peine se encalle por la acumulación de sólidos en base de la reja. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 511)
- La de movimientos oscilatorios como se observa en la figura 5-3 parte b, imita la secuencia de movimiento de una persona que rastrilla la reja. El rastrillo se desplaza hacia la parte inferior de la reja, se colocan entre las barras y asciende arrastrando las basuras hacia la parte superior de aquella, lugar donde son extraídas. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 512)
- De retornos frontales como se ve en la figura 5-3 parte c, el rastrillo se mantiene en contacto con la reja gracias al peso de la cadena. El mecanismo de transición no tiene ruedas dentadas sumergidas, mientras que el espacio necesario para su instalación, relativamente grande, representa su mayor inconveniente. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 512)

- Accionadas mediante cables que se visualiza en la figura 5-3 parte d, son de limpieza y retorno frontal que emplean un rastrillo pivotante que asciende y desciende por unas guías accionada por un dispositivo formado por un cable y un motor. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 513)

✓ Homogenización

Consiste en amortiguar las variaciones del caudal, igualar las condiciones del efluente para optimizar el tratamiento químico o biológico posterior. En esta operación no se sedimentan materiales en suspensión. Se debe mantener las aguas residuales en agitación, además para prevenir malos olores y sedimentación de sólidos. Este Homogeneizador va a requerir de un agitador de aspas en el tanque, donde el agua permanecerá cierto tiempo y a una velocidad de agitación que será variante. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 232)

✓ Aireación

Sirve para el control de olores y mejoramiento del comportamiento del efluente. Se inyecta aire desde el fondo para que estas partículas afloren a la superficie y se recojan mediante rasquetas que se las llevan a un sumidero de tratamientos especiales para ser eliminadas. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 537)

Tabla 1-1: Información típica de la eficiencia de la transferencia de oxígeno de varios difusores en agua limpia

TIPO DE DIFUSOR Y DISPOSICIÓN	CAUDAL DE AIRE m³/h * Difusor	SOTE (%), 4.5 m de sumergencia
Discos cerámicos – Mallas	0.68 – 5.77	25 – 40
Domos metálicos – Mallas	0.85 – 4.24	27 – 39
Placas cerámicas – Mallas	3.40 – 8.50	26 – 33
Tubos de plásticos porosa rígidas		
Malla	4.07 – 6.80	28 – 32
Espiral doble	5.09 – 18.68	17 – 28
Espiral simple	3.40 – 20.37	13 – 25
Tubos de plásticos poroso no rígido		

Malla	1.70 – 11.88	26 – 36
Espiral simple	3.40 – 11.88	19 – 37
Tubos de membrana perforada		
Malla	1.70 – 6.88	22 – 29
Puntos esquiespaciales	3.40 – 10.19	19 – 24
Espiral simple	3.40 – 10.19	15 – 19
Aireación por inyección		
Ubicación por un lateral	91.69 – 509.4	15 – 24
Difusores no porosos		
Espiral doble	5.60 – 16.98	12 – 13
Eje longitudinal	7.13 – 76.41	10 – 13
Espiral Simple	16.98 – 59.43	9 – 12

Fuente: (MEFCALF & EDDY, 1995)

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

c) Tratamiento Primario

Este sistema de tratamiento primario del efluente influye normalmente: Neutralización del pH, Regulación de caudal y Estabilización térmica.

✓ Coagulación – Floculación

La coagulación consiste en desestabilizar los coloidales por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación del floculo. Los mecanismos básicos de este proceso son: la neutralización de la carga coloidal y la inmersión en un precipitado o floculo de barrido. Los factores como: pH, agitación rápida de la mezcla, tipo y cantidad de coagulante. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 538)

La Floculación consiste en unir los flóculos formados con el fin de aumentar su volumen y peso, para decantarlo. Se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por lo tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos. (RUBENS, 2003)

1.3.3. Marco legal

Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

Menciona en su artículo 79 en los literales:

- a) *Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos de la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.*
- b) *Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración.*
- c) *Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósitos de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida.*

Y en su artículo 80 menciona que: Que queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas de dominio hídrico público. Además dice La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua de los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental. (DEL POZO, 2014)

Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Tabla 2-1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. Soluble en hexano	mg/L	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/L	Cero
Alkil mercurio		mg/L	No detectable

Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico total	As	mg/L	0,01
Cadmio	Cd	mg/L	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/L	1,0
Cinc	Zn	mg/L	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/L	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/L	0,1
Cobalto total	Co	mg/L	0,5
Cobre	Cu	mg/L	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/L	0,2
Compuestos organoclorados	Oganoclorados totales	mg/L	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/L	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/L	1,0
Fósforo Total	P	mg/L	15,0
Hidrocarburos Totales de petróleo	TPH	mg/L	20,0
Hierro total	Fe	mg/L	25,0
Manganeso Total	Mn	mg/L	10,0
Mercurio total	Hg	mg/L	0,01
Níquel	Ni	mg/L	2,0
Nitrógeno total Kje dahl	N	mg/L	60,0
Organofosforados	Especies totales	mg/L	0,1
Plata	Ag	mg/L	0,5
Plomo	Pb	mg/L	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/L	0,5
Solidos sedimentables	SD	mg/L	20,0
Solidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	220,0
Sólidos totales	ST	mg/L	1600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/L	400,0
Sulfuros	S	mg/L	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metilo	mg/L	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/L	1,0

Fuente: (TULSMA, 2015)

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

1.4. Beneficiarios Directos e Indirectos

1.4.1. Directos

Los beneficiarios directos de este trabajo de titulación es el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba, los clientes internos y externos de la lavandería SPLENDID.

1.4.2. Indirectos

Los beneficiarios indirectos de este trabajo de titulación, es la población del Cantón Riobamba, ya que se construirá la planta de tratamiento de aguas residuales para la lavandería SPLENDID.

CAPÍTULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales y reutilizar en el proceso de lavado en la lavandería SPLENDID de la ciudad de Riobamba

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico – químicas y microbiológicas de las aguas residuales, basados en los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.
- Identificar las variables del proceso para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales según los resultados obtenidos en la caracterización de los efluentes.
- Validar el diseño propuesto considerando de caracterización físico – química y microbiológica del agua tratada, en base a los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1. Localización del proyecto

El presente proyecto técnico se llevara a cabo en la lavandería SPLENDID, cantón Riobamba, ubicada al norte de la provincia de Chimborazo, que ocupa parte de la hoya del río Chambo y de las vertientes internas de las cordilleras Oriental y Occidental de los Andes, donde está la llanura Tapi, en la que se levanta la ciudad.

La lavandería duplicará sus servicios, ubicándose en el parque industrial en las calles Av. Celso Rodríguez y Bolívar Bonilla.

Tabla 1-3: Características de la localización de la Lavandería SPLENDID en la ciudad de Riobamba

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre de la empresa	SPLENDID su lavandería
Fecha de creación	Inició sus actividades desde el año 2005
Extensión	Con una longitud de 1680 m ²
Límites	<ul style="list-style-type: none">• Al Norte con los cantones Guano y Penipe• AL Sur con los cantones Colta y Guamote• Al Este por el cantón Chambo y la provincia de Morona Santiago• Al Oeste con las provincias de Bolívar y Guayas
Rango Altitudinal	2960 – 3320 msnm
Clima	Varía entre (5 a 23 °C)

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Realizado por: Quinatoa, Karina. 2018

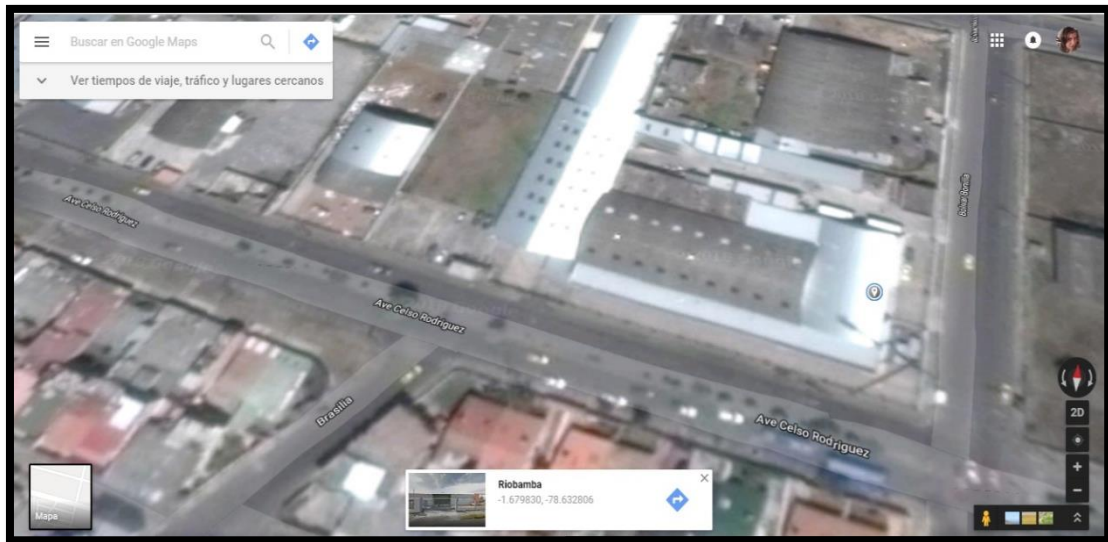


Figura 1-3: Ubicación Geográfica de la Lavandería SPLENDID

Fuente: Google Maps

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Tipo de estudio

Para ejecutar este proyecto técnico teniendo en cuenta tres tipos de estudios: analítico, descriptivo y experimental, que permitirá conocer los diferentes contaminantes, encontradas en las aguas residuales, que son descargadas al alcantarillado, facilitando el estudio y el diseño de la planta de tratamiento.

3.2.2. Métodos y técnicas

3.2.2.1. Métodos

a) Método Inductivo

Este método alcanza el conocimiento a partir de la generalización de datos particulares, comprendiendo la recolección de muestras, la caracterización del agua residual, las pruebas de tratabilidad, con los datos obtenidos determinar los cálculos de ingeniería, que será, el paso inicial para el diseño y el dimensionamiento de la planta de tratamiento.

b) Método Deductivo

Este método comprende las ideas a partir de conocimientos generales a particulares, busca clasificar elementos determinados, efectúa propuestas más idóneas para los sistemas de tratamiento del agua residual, su diseño va estar en función del procesamiento del lavado, los tipos de compuestos químicos encontrados y se determina el volumen del agua.

c) Método Experimental

Este método investiga metodologías, para nuevos tratamiento correspondiente al agua residual a nivel de laboratorio, la utilización de equipos e instrumentos para demostrar datos reales que se obtuvo de la toma de muestras y así diseñar el tratamiento óptimo para la purificación del agua residual de la Lavandería SPLENDID.

3.2.2.2. Técnicas

Para ejecutar este proyecto se utilizaron técnicas y normas que están establecidos en el manual técnico de tratamiento del laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Ciencias a cargo de la Dra. Gina Álvarez, como apoyo en los Métodos Estandarizados APHA–2005 y el manual de Análisis de Agua, Métodos HACH.

Los análisis de tensoactivos se enviaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, acreditado por el SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriana).

Tabla 2-3: Métodos utilizados en la caracterización del agua residual

Determinaciones	Unidades	*Método
<i>Ph</i>	<i>Unid</i>	<i>4500-B</i>
<i>Color</i>	<i>Pt/Co</i>	<i>2120-C</i>
<i>Conductividad</i>	<i>μSiems/cm</i>	<i>2510-B</i>
<i>Turbiedad</i>	<i>UNT</i>	<i>2130-B</i>
<i>Aceites y Grasas</i>	<i>mg/L</i>	<i>5520-B</i>
<i>Cloro Activo</i>	<i>mg/L</i>	<i>4500-CL-G</i>
<i>Cobre</i>	<i>mg/L</i>	<i>HACH-88</i>
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	<i>mg/L</i>	<i>5210-B</i>
<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	<i>mg/L</i>	<i>5220-C</i>
<i>Fosforo Total</i>	<i>mg/L</i>	<i>4500-PD</i>
<i>Hierro Total</i>	<i>mg/L</i>	<i>3500-D</i>
<i>Manganeso Total</i>	<i>mg/L</i>	<i>HACH-290</i>

<i>Sólidos Suspendidos</i>	<i>mg/L</i>	<i>2540-D</i>
<i>Sólidos Totales</i>	<i>mg/L</i>	<i>2540-B</i>
<i>Sulfatos</i>	<i>mg/L</i>	<i>HACH 685</i>
<i>Temperatura</i>	<i>°C</i>	<i>2550-D</i>
<i>Tensoactivos</i>	<i>mg/L</i>	<i>5540-C</i>
<i>Coliformes Totales</i>	<i>UFC/100 ml</i>	<i>Micro filtración</i>
<i>Coliformes Fecales</i>	<i>UFC/100 ml</i>	<i>Micro filtración</i>

Fuente: (EW, y otros, 2017)

Realizado: Quinatoa, Karina, 2018

3.2.3. *Tratabilidad del agua residual*

3.2.3.1. *Índice de biodegradabilidad*

El índice de biodegradabilidad representa la naturaleza del efluente e indica el tratamiento adecuado que se le realiza al agua residual, que puede ser físico – químico o biológico. La relación DBO₅/DQO que será utilizada para controlar y operar la planta de tratamiento del agua residual.

Tabla 3-3: Índice de Biodegradabilidad

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Resultado</i>	<i>DBO₅/DQO</i>
<i>DBO₅</i>	<i>mg/L</i>	536	0.43
<i>DQO</i>	<i>mg/L</i>	1240	

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH

Realizado: Quinatoa, Karina, 2018

Teniendo como resultado del índice de biodegradabilidad un valor de 0.43, lo que nos indica que los compuestos del efluente son de naturaleza medianamente biodegradable y su tratamiento será físico – químico.

3.2.3.2. *Aireación*

El sistema de aireación es un proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto con el aire con el propósito de:

- Transferir oxígeno para al agua para aumentar el OD (Oxígeno Disuelto).
- Disminuir la concentración de CO₂ (Dióxido de Carbono), H₂S (Ácido Sulfhídrico)
- Remueve, gases como el metano, cloro, amoníaco también compuestos orgánicos volátiles y productores de olores y sabores
- Oxida al hierro y magnesio. (MEFCALF & EDDY, 1995)



Fotografía 1-3: Aireación del Agua

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.2.3.3. Test de jarras

Las pruebas de jarras permiten elegir productos químicos, al igual que la cantidad exacta de concentraciones para que el sistema funcione de manera óptima, utilizando variaciones con dosis de polímeros o coagulantes, el que accede reducir coloidales en suspensión y materia orgánica, a través de los procesos de floculación, es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación. (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 538)

- ***Elección del floculante para el tratamiento de aguas residuales***

Se comenzó con la preparación de soluciones al 10% de Sulfato de Hierro, Policloruro de Aluminio y Cloruro Férrico, colocando un litro del agua obtenida del método de aireación para cada solución, añadiendo en cada vaso 10 ml, con una duración de agitación de 5 minutos y un tiempo de sedimentación de 30 minutos, de ahí se considerara variables como pH, turbiedad y porcentaje de remoción.



Fotografía 2-3: Soluciones al 10% en un litro de agua

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 4-3: Test de Jarras, Soluciones al 10%

<i>Solución</i>	<i>Dosis (ml)</i>	<i>Tiempo de sedimentación (min)</i>	<i>Turbidez NTU</i>	<i>Ph</i>
<i>Sulfato de Aluminio</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>No floculo</i>	<i>No floculo</i>
<i>Policloruro de Aluminio</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>8.07</i>	<i>6.18</i>
<i>Cloruro Férrico</i>	<i>10</i>	<i>30</i>	<i>10.11</i>	<i>6.12</i>

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH

Realizado: Quinatoa, Karina, 2018

Posteriormente se realizó un test de jarras con Policloruro de Aluminio siguiendo el mismo procedimiento que se efectuó para las soluciones, ejecutando a diferentes concentraciones.



Fotografía 3-3: Soluciones de PAC al 10%

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 5-3: Test de Jarras (Policloruro de Aluminio)

# de Jarra con capacidad de 1000 ml	Dosis de solución de Policloruro de Aluminio al 10% (ml)	Tiempo de Sedimentación (min)	Turbidez NTU	pH del agua tratada
1	10	30	8.07	6.18
2	8	30	10.50	6.23
3	6	30	11.10	6.51
4	5	30	6.67	6.68
5	10 gotitas de poli electrólito 0.5% + 5	30	14.48	6.08

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH

Realizado: Quinatoa, Karina, 2018

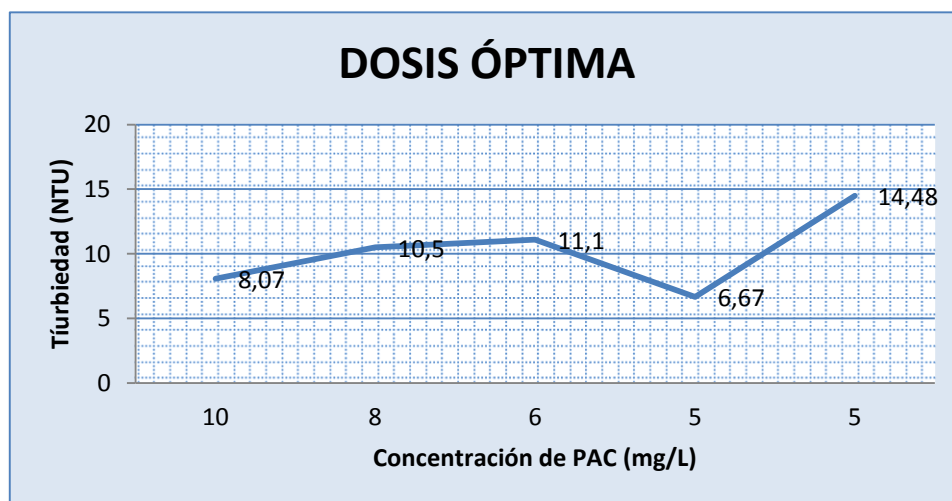


Gráfico 1-3: Histograma Turbiedad vs Concentración

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

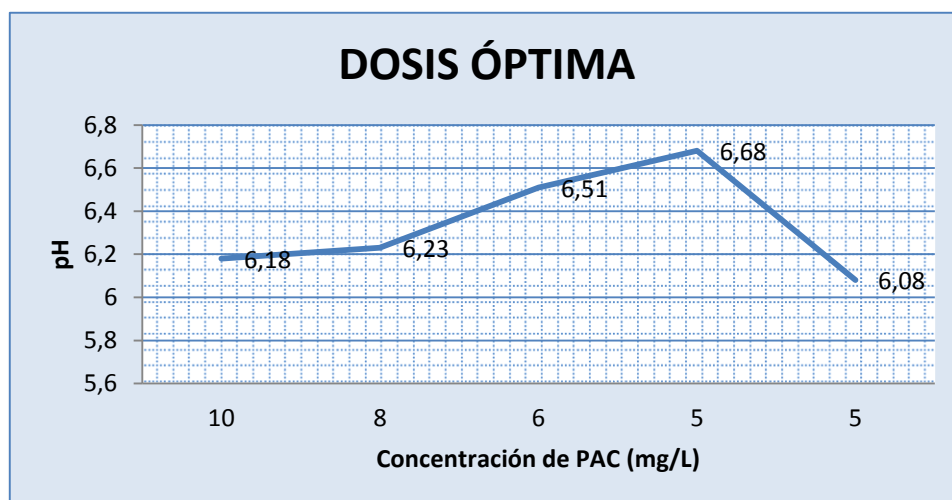


Gráfico 2-3: Histograma pH vs Concentración

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.2.4. Determinación del Caudal

El proceso de lavado de la lavandería SPLENDID cuenta con 4 subprocesos, por lo que no se tiene un flujo continuo, la mejor forma de tomar el caudal diario es a través:

- Se considera la cantidad de agua consumida por cada lavadora (grandes, medianas y pequeñas)
- Cada proceso de lavado dura media hora, se medirá el caudal multiplicando la cantidad de lavadoras ocupado en un día, por el volumen de agua que se utiliza en cada lavadora.
- El caudal mayor servirá como base para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 6-3: Volumen de agua utilizada en cada lavadora

Expresado	Lavadoras Grandes	Lavadoras medianas	Lavadoras pequeñas
Litro/30 minutos	161.47	121.1	85.6
Litro/segundo	0.090	0.067	0.050
Litro/minuto	5.382	4.037	2.853
Litro/hora	322.94	242.2	171.2

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 7-3: Peso de la ropa utilizada en cada lavadora

Lavadoras grandes Kg c/d ciclo	Lavadoras medianas Kg c/d ciclo	Lavadoras pequeñas Kg c/d ciclo
18.182	13.636	9.090

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 8-3: Cantidad de lavadoras utilizadas en el proceso de lavado en el mes de Mayo

Día	Lavadoras grandes				Lavadoras medianas				Lavadoras pequeñas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lunes	53	59	55	51	19	7	6	7	10	5	7	5
Martes	61	40	59	50	30	18	11	17	18	21	17	15
Miércoles	52	50	49	48	11	9	8	9	8	5	7	8
Jueves	50	46	40	35	8	4	4	5	9	4	5	9
Viernes	48	43	38	42	7	8	7	6	9	10	8	9
Sábado	48	45	46	44	11	9	8	10	6	9	7	5
Domingo	55	50	52	49	18	10	14	11	10	8	9	9
TOTAL	367	333	339	319	104	65	58	65	70	62	60	60

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 9-3: Consumo del caudal en la primera semana de Mayo

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.77	1.273	0.50	6.543
Martes	5.49	2.010	0.90	8.400
Miércoles	4.68	0.737	0.40	5.817
Jueves	4.5	0.536	0.45	5.486
Viernes	4.32	0.469	0.45	5.239
Sábado	4.32	0.737	0.30	5.357
Domingo	4.95	1.206	0.50	6.656

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 10-3: Consumo del caudal en la segunda semana de Mayo

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	5.31	0.469	0.25	6.029
Martes	3.60	1.206	1.05	5.856
Miércoles	4.50	0.603	0.25	5.353
Jueves	4.14	0.268	0.20	4.608
Viernes	3.87	0.536	0.50	4.906
Sábado	4.05	0.603	0.45	5.103
Domingo	4.50	0.670	0.40	5.570

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 11-3: Consumo del caudal en la tercera semana de Mayo

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.95	0.402	0.35	5.702
Martes	5.31	0.737	0.85	6.897
Miércoles	4.41	0.536	0.35	5.296
Jueves	3.60	0.268	0.25	4.118
Viernes	3.42	0.469	0.40	4.289
Sábado	4.14	0.536	0.35	5.026
Domingo	4.68	0.938	0.45	6.068

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 12-3: Consumo del caudal en la cuarta semana de Mayo

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.59	0.469	0.25	5.309
Martes	4.50	1.139	0.75	6.389
Miércoles	4.32	0.603	0.40	5.323
Jueves	3.15	0.335	0.45	3.935
Viernes	3.78	0.402	0.45	4.632
Sábado	3.96	0.670	0.25	4.880
Domingo	4.41	0.737	0.45	5.597

Realizado por: Karina Quinatoa. 2018

Tabla 13-3: Cantidad de lavadoras utilizadas en el procesos de lavado en el mes de Junio

Día	Lavadoras grandes				Lavadoras medianas				Lavadoras pequeñas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lunes	49	45	52	38	14	10	5	7	9	7	5	8
Martes	51	38	50	45	6	5	16	11	6	5	8	7
Miércoles	55	45	53	51	6	5	5	4	3	2	2	5
Jueves	40	48	63	50	4	4	14	2	7	6	9	2
Viernes	48	36	49	51	10	9	14	14	11	10	9	4
Sábado	56	54	54	49	18	15	15	13	18	19	9	10
Domingo	45	30	31	25	27	20	22	20	21	25	16	15
TOTAL	344	296	352	309	85	68	91	71	75	74	58	51

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 14-3: Consumo del caudal en la primera semana de Junio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.41	0.938	0.45	5.798
Martes	4.59	0.402	0.30	5.292
Miércoles	4.95	0.402	0.15	5.502
Jueves	3.60	0.268	0.35	4.218
Viernes	4.32	0.670	0.55	5.540
Sábado	5.04	1.206	0.90	7.146
Domingo	4.05	1.809	1.05	6.909

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 15-3: Consumo del caudal en la segunda semana de Junio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.05	0.670	0.35	5.070
Martes	3.42	0.335	0.25	4.005
Miércoles	4.05	0.335	0.10	4.485
Jueves	4.32	0.268	0.30	4.888
Viernes	3.24	0.603	0.50	4.343
Sábado	4.86	1.005	0.95	6.815
Domingo	2.70	1.340	1.25	5.290

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 16-3: Consumo del caudal en la tercera semana de Junio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.68	0.335	0.25	5.265
Martes	4.50	1.072	0.40	5.972
Miércoles	4.77	0.335	0.10	5.205
Jueves	5.67	0.938	0.45	7.058
Viernes	4.41	0.938	0.45	5.798
Sábado	4.86	1.005	0.45	6.315
Domingo	2.79	1.474	0.80	5.064

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 17-3: Consumo del caudal en la cuarta semana de Junio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	3.42	0.469	0.40	4.289
Martes	4.05	0.737	0.35	5.137
Miércoles	4.59	0.268	0.25	5.108
Jueves	4.50	0.134	0.10	4.734
Viernes	4.59	0.938	0.20	5.728
Sábado	4.41	0.871	0.50	5.781
Domingo	2.25	1.340	0.75	4.340

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 18-3: Cantidad de lavadoras utilizadas en el proceso de lavado en el mes de Julio

Día	Lavadoras grandes				Lavadoras medianas				Lavadoras pequeñas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Lunes	56	50	52	54	9	5	8	10	5	6	7	6
Martes	58	48	55	52	15	10	14	12	7	5	5	6
Miércoles	45	45	40	48	6	4	6	5	5	4	6	5
Jueves	47	46	36	51	12	11	12	10	5	5	4	4
Viernes	54	52	50	48	17	15	18	15	5	6	7	4
Sábado	54	50	52	56	13	12	11	12	12	11	10	11
Domingo	49	40	39	25	28	20	15	20	11	7	5	6
TOTAL	363	331	324	334	100	77	84	84	50	44	44	42

Realizado por: Quinatoa Karina, 2018

Tabla 19-3: Consumo del caudal en la primera semana de Julio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	5.04	0.603	0.25	5.893
Martes	5.22	1.005	0.35	6.575
Miércoles	4.05	0.402	0.25	4.702
Jueves	4.23	0.804	0.25	5.284
Viernes	4.86	1.139	0.25	6.249
Sábado	4.86	0.871	0.60	6.331
Domingo	4.41	1.876	0.55	6.836

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 20-3: Consumo del caudal en la segunda semana de Julio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.5	0.335	0.25	5.085
Martes	4.32	0.670	0.35	5.340
Miércoles	4.05	0.268	0.25	4.568
Jueves	4.14	0.737	0.25	5.127
Viernes	4.68	1.005	0.25	5.935
Sábado	4.5	0.804	0.60	5.904
Domingo	3.60	1.340	0.35	5.290

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 21-3: Consumo del caudal en la tercera semana de Julio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.68	0.536	0.35	5.566
Martes	4.95	0.938	0.25	6.138
Miércoles	3.6	0.402	0.30	4.302
Jueves	3.24	0.804	0.20	4.244
Viernes	4.5	1.206	0.35	5.876
Sábado	4.68	0.737	0.50	5.917
Domingo	3.51	1.005	0.25	4.765

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 22-3: Consumo del caudal en la cuarta semana de Julio

DIA	LAVADORAS GRANDES	LAVADORAS MEDIANAS	LAVADORAS PEQUEÑAS	TOTAL (L/s)
Lunes	4.86	0.670	0.30	5.830
Martes	4.68	0.804	0.30	5.784
Miércoles	4.31	0.335	0.25	4.895
Jueves	4.59	0.670	0.20	5.460
Viernes	4.32	1.005	0.20	5.525
Sábado	5.04	0.804	0.55	6.394
Domingo	2.25	1.340	0.30	3.890

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.2.5. Resultados de los análisis

3.2.5.1. Análisis del agua residual procedente del proceso de lavado de la Lavandería SPLENDID

Tabla 23-3: Resultados de la caracterización del agua residual en el proceso de lavado de la lavandería SPLENDID

<i>Determinaciones</i>	<i>Unidades</i>	<i>Límites máximos permisibles</i>	<i>Resultados Antes del tratamiento</i>	<i>Resultados Después del tratamiento</i>	<i>Porcentaje de remoción</i>
<i>pH</i>	<i>Unid</i>	6-9	6,8	6,68	
<i>Turbiedad</i>	<i>UNT</i>	-	149	6.67	95.52 %
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	<i>mg/L</i>	250,0	536,0	115,0	78.54 %

<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	<i>mg/L</i>	<i>500,0</i>	<i>1 240,0</i>	<i>255,0</i>	<i>79.44 %</i>
<i>Fosforo Total</i>	<i>mg/L</i>	<i>15,0</i>	<i>85,0</i>	<i>2,5</i>	<i>97.06 %</i>
<i>Tensoactivos</i>	<i>mg/L</i>	<i>2,0</i>	<i>222,0</i>	<i>1,8</i>	<i>99.19 %</i>

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH y Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.2.6. Cálculos de Ingeniería

3.2.6.1. Cálculo del consumo de agua diario total

Los datos utilizados para determinar el caudal diario, se encuentran descritos en las tablas 8-3 hasta 24-3, en donde se explica, cómo fue medido.

$$Q_D = \frac{V}{t} \times \text{Cantidad de lavadoras}_{G,P \text{ y } M}.$$

Ecuación 1

Dónde:

Q_D = Caudal diario, en L/s o m³/s

$\frac{L}{s}$ = Indicador

$$Q_{DLavadoras \text{ Grandes}} = 0.090 \text{ L/s} \times 61$$

$$Q_{DLavadoras \text{ Grandes}} = 5.49 \text{ L/s} = 0.00549 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{DLavadoras \text{ Medianas}} = 0.067 \text{ L/s} \times 30$$

$$Q_{DLavadoras \text{ Medianas}} = 2.01 \text{ L/s} = 0.00201 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{DLavadoras \text{ Pequeñas}} = 0.050 \text{ L/s} \times 18$$

$$Q_{DLavadoras \text{ Pequeñas}} = 0.90 \text{ L/s} = 0.0009 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{DT} = Q_{DLG} + Q_{DLM} + Q_{DLP}$$

Ecuación 2

Dónde:

Q_{DT} = Caudal diario total en L/s o m³/s

Q_{DLG} = Caudal de las lavadoras grandes

Q_{DLM} = Caudal de las lavadoras medianas

Q_{DLP} = Caudal de las lavadoras pequeñas

$$Q_{DT} = 5.49 \text{ L/s} + 2.01 \text{ L/s} + 0.90 \text{ L/s}$$

$$Q_{DT} = 8.40 \text{ L/s} = 0.0084 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.6.2. Cálculo del caudal total

El caudal total va ser multiplicado con el caudal total diario por 2, esto se debe a que el servicio de lavado en la lavandería SPLENDID va a duplicar su servicio, trasladándose al parque industrial de la Ciudad de Riobamba

$$Q_T = Q_{DT} \times 2$$

Ecuación 3

Dónde:

Q_T = Caudal total L/s

Q_{DT} = Caudal diario total L/s

Para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de agua residual se va a considerar el caudal total para los cálculos.

$$Q_T = 8.40 \text{ L/s} \times 2$$

$$Q_T = 16.8 \text{ L/s} = 0.0168 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.2.6.3. Cálculo para el sistema de rejillas

Tabla 24-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica
Separación entre barras	Mm	25 -50	15 – 75
Anchura	Mm	5 - 15	5 – 15
Diámetro de las barras	pulgadas	½	½
Profundidad	Mm	25 – 37.5	25 – 37.5
Pérdida de carga admisible	Mm	150	150
Velocidad de aproximación	m/s	0.30 – 0.60	0.60 – 1.1
Pendiente en relación a la vertical	Grados	60 - 45	0 – 60

Fuente: Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510

- Cálculo del área libre del paso del agua, A_L

$$A_L = \frac{Q_T}{v}$$

Ecuación 4

Dónde:

A_L = Área de paso de agua (m^2)

Q_T = Caudal total (m^3/s)

v = Velocidad de flujo (m/s); 0.35 m/s (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

$$A_L = \frac{0.02 \text{ } m^3/s}{0.35 \text{ } m/s}$$

$$A_L = 0.05 \text{ } m^2$$

- Cálculo de la altura del tirante en el canal, h

Es el que indica la altura del agua dentro del canal

$$h = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 5

Dónde:

h = Altura del tirante del canal (m)

A_L = Área de paso de agua (m^2)

B = Ancho del canal (m), 0.50 m (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

$$h = \frac{0.05 \text{ } m^2}{0.50 \text{ } m}$$

$$h = 0.10 \text{ } m$$

- Cálculo de la altura del canal, H

$$H = h + h_s$$

Ecuación 6

Dónde:

H = Altura del canal (m)

h = Tirante del agua en el canal (m)

h_s = Altura de seguridad (m), 0.5 m RAS 2000 TITULO E Normas Ecuatorianas para el estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales.

$$H = 0.10 \, m + 0.50 \, m$$

$$H = 0.60 \, m$$

- Cálculo de la longitud de barras, L_b

$$L_b = \frac{H}{\text{Sen } \phi}$$

Ecuación 7

Dónde:

L_b = Longitud de barras (m)

H = Altura del canal (m)

$\text{Sen } \phi = 65^\circ$

$$L_b = \frac{0.60 \, m}{\text{Sen } 65^\circ}$$

$$L_b = 0.66 \, m$$

- Cálculo del número de barras, N^*

$$N^* = \frac{B}{e + S}$$

Ecuación 8

Dónde:

N^* = Número de barras

B = Ancho del canal (m), 0.50 m (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

S = Separación entre las barras (Tabla 26-3)

e = Espesor de las barras (m), 0.01 m TITULO E Normas Ecuatorianas para el estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales.

$$N^* = \frac{0.50 \text{ m}}{0.01 \text{ m} + 0.025 \text{ m}}$$

$$N^* = 14.28 \cong 14$$

- Cálculo de la longitud sumergida de la barra, d_{max}

$$d_{max} = \frac{Q_T}{v * B}$$

Ecuación 9

Dónde:

d_{max} = Longitud sumergida de la (m)

Q_T = Caudal total m^3/s

v = Velocidad de flujo (m/s); 0.35 m/s (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

B = Ancho del canal (m), 0.50 m (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

$$d_{max} = \frac{0.02 \text{ m}^3/s}{0.35 \frac{m}{s} * 0.50 \text{ m}}$$

$$d_{max} = 0.1 \text{ m}$$

- Cálculo de la pérdida y carga, h_c

$$h_c = \beta * \left(\frac{e}{W}\right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{v^2}{2g}\right) * \text{Sen } \phi$$

Ecuación 10

Dónde:

h_c = Pérdida de carga

β = Factor dependiente de la forma de la barra

e = Espesor de las barras (m), de 15 a 50 mm TITULO E Normas Ecuatorianas para el estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales.

W = Separación entre las barras (Tabla 26-3)

v = Velocidad de flujo (m/s); 0.35 m/s (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

$2g = 9.8 \text{ m/s}^2$

$\text{Sen } \phi = 65^\circ$

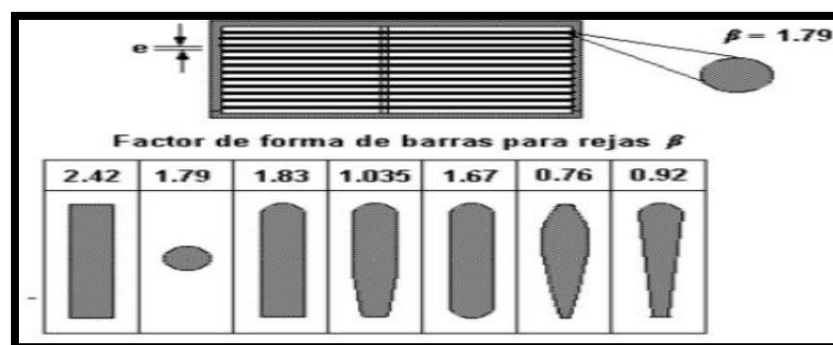


Figura 2-3: Factores de forma β para secciones de barras

Fuente: VALDEZ, E, Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de las aguas residuales

$$h_c = 1.79 * \left(\frac{0.015}{0.025} \right)^{\frac{4}{3}} * \left(\frac{0.35^2}{2 * 9.8} \right) * \text{Sen } 65^\circ$$

$$h_c = 5.07 \times 10^{-3} \text{ m} < 0.015 \text{ m Es admisible}$$

3.2.6.4. Cálculo para el sistema del canal

El tipo de canal es de sección rectangular debido a que su caudal es pequeño

Tabla 25-3: Información típica para el diseño del canal

Parámetro	Abreviatura	Unidad	Datos
Caudal de diseño	$Q_{diseño}$	m^3/s	0,02
Longitud del canal	L	m	1
Material del canal	—	—	Hormigón
Coeficiente de rugosidad de Manning	N	—	0,014
Base del canal	B	m	0,50
Altura del canal	H	m	0,60
Pendiente del canal	S	%	0,5
Altura de seguridad	H_s	m	0.5
Espesor de barras	e	mm	15 – 50
Pérdida de la carga admisible	H_c	m	0.015

Fuente: Normas Ecuatorianas para el estudio y Diseño de Sistema de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

- **Cálculo para el Radio Hidráulico para un canal rectangular, RH**

Es un parámetro muy importante para el dimensionamiento de los canales, tubos y otros componentes de obras hidráulicas.

$$RH = \frac{B * H}{B + 2H}$$

Ecuación 11

Dónde:

RH = Radio hidráulico, m

B = Base del canal m , $0.50 m$ (Valor considerado de la tabla 26-3) (Metcalf & Eddy Incorporated, 2009 pág. 510)

H = Altura del canal (m)

$$RH = \frac{0.50 * 0.60}{0.50 + 2(0.60)}$$

$$RH = 0.18 m$$

- **Cálculo de la velocidad de tratamiento (Ecuación de Manning)**

$$v = \frac{1}{n} * RH^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 12

Dónde:

v = velocidad media del canal (m/s)

RH = Radio hidráulico, m

S = Pendiente del canal rectangular revestido del hormigón (Valor en la tabla 27-3)

n = Coeficiente de Manning (Valor en la tabla 27-3)

$$v = \frac{1}{0.014} * (0.18)^{\frac{2}{3}} * (0.0005)^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 0.51 m/s$$

3.2.6.5. Cálculo para el sistema de homogeneización

- Cálculo del área, A_H

$$A_H = \frac{Q_{diseño}}{C_s}$$

Ecuación 13

Dónde:

A_H = área del homogeneizador, m^2

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño m^3/s (Valor en la tabla 27-3)

C_s = Carga superficial valor típico de $50 m^3/m^2 d$ dado en (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 557)

$$50 \frac{m^3}{m^2 d} * \frac{1 d}{24 h} * \frac{1 h}{3600 s} = 5.78 \times 10^{-4} m/s$$

$$A_H = \frac{0.02 m^3/s}{5.78 \times 10^{-4} m/s}$$

$$A_H = 35 m^2$$

- Cálculo del diámetro del homogeneizador

$$D_H = \sqrt{\frac{4 * A_H}{\pi}}$$

Ecuación 14

Dónde:

D_H = Diámetro del homogeneizador, m

A_H = área del homogeneizador, m^2

π = Valor adimensional 3.1415

$$D_H = \sqrt{\frac{4 * 35 m^2}{\pi}}$$

$$D_H = 6.6 m$$

- Cálculo del radio del tanque homogeneizador

$$r_H = \sqrt{\frac{A_H}{\pi}}$$

Ecuación 15

Dónde:

r_H = Radio del homogeneizador

A_H = área del homogeneizador, m^2 π = Valor adimensional 3.1415

π = Valor adimensional 3.1415

$$r_H = \sqrt{\frac{35 \text{ m}^2}{\pi}}$$

$$r_H = 3.3 \text{ m}$$

- Cálculo del volumen del homogeneizador

$$V_H = A_H \times h_H \times f_s$$

Ecuación 16

Dónde:

V_H = Volumen del homogeneizador, (m^3)

A_H = Área del homogeneizador, m^2

h_H = 2m altura del homogeneizador, (m) va entre 1.5 -2 m valor dado en el libro de (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 534)

f_s = Factor de seguridad de 1.2

$$V_H = 35 \text{ m}^2 * 2 \text{ m} * 1.2$$

$$V_H = 84 \text{ m}^3$$

- Cálculo del ancho de los deflectores

$$W_d = \frac{D_H}{10}$$

Ecuación 17

Dónde:

W_d = ancho de los deflectores, (m)

D_H = Diámetro del homogeneizador

$$W_d = \frac{6.6 m}{10}$$

$$W_d = 0.66 m$$

- **Potencia de las paletas**

Tabla 26-3: Valores de la Gradiente de velocidad (G) y el tiempo de detención típico de los procesos de tratamiento de las aguas residuales

INTERVALOS DE VALORES			
PROCESO		TIEMPO DE DETECCIÓN	VALOR ES DE $G S^{-1}$
MEZCLADO	Operaciones de mezclas rápidas típicas	5 – 20 s	250 – 1 500
	Mezcla Rápida en procesos de filtración de contacto	<1 – 5 s	1 500 – 7 500
FLOCULACIÓN	Procesos de floculación típicamente empleados en el tratamiento de aguas residuales	10 – 30 min	20 – 80
	Floculación en procesos de filtración directa	2 – 10 min	20 – 100
	Floculación en procesos de filtración de contacto	2 – 5 min	30 – 150

Fuente: (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 245)

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

$$P_H = G^2 \times \mu \times V_H$$

Ecuación 18

Dónde:

P_H = Potencia del motor eléctrico de las paletas, (W)

G^2 = Gradiente de Velocidad $250 s^{-1}$, dato asumido de la tabla 28-3

μ = Viscosidad dinámica del agua residual (Nm/s^2) a $20^\circ C$ temperatura del agua residual

V_H = Volumen del homogeneizador, (m^3)

$$P_H = \left(\frac{250}{s}\right)^2 \times (0.001002 \text{ } kg/m \text{ } s) \times 84 m^3$$

$$P_H = 5\,260.5 \frac{Kg\,m^2}{s^3} = \frac{N\,m}{s} = \frac{J}{s}$$

$$P_H = 5260.5\,W = 7hp$$

3.2.6.6. Cálculo para el sistema de aireación

Tabla 27-3: Información típica para el diseño de tanques de aireación

CARACTERISTICAS	VALOR	
	INTERVALO	TÍPICO
Tiempo de detención, min (t_d)	10 – 45	30
Profundidad del tanque, m (h)	3.0 – 6.0	4.50
Demanda de aire, m^3/m^3 (d_a)	0.8 – 3.20	2.0

Fuente: (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 537)

Realizado por: Karina Quinatoa

- **Área del Tanque de aireación**

$$A_A = \frac{Q_{diseño} \times t_d}{h}$$

Ecuación 19

Dónde:

A_A = Área del tanque de aireación, (m^2)

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño m^3/s (Valor en la tabla 27-3)

t_d = tiempo utilizado como se indica en la tabla 29-3, (s)

h = Profundidad del tanque, (m) de la tabla 29-3

$$30\,min = \frac{60\,s}{1\,min} = 1800\,s$$

$$A_A = \frac{0.02\,m^3/s \times 1800\,s}{4.5\,m}$$

$$A_A = 8\,m^2$$

- **Ancho del tanque de aireación**

$$a_A = \sqrt{\frac{A_A}{2}}$$

Ecuación 20

Dónde:

a_A = ancho del tanque de aireación, (m)

A_A = área del tanque de aireación, (m²)

$$a_A = \sqrt{\frac{8 \text{ m}^2}{2}}$$

$$a_A = 2 \text{ m}$$

- **Largo del tanque de aireación**

$$L_A = 2 \times a_A$$

Ecuación 21

Dónde:

L_A = Largo del tanque de aireación

a_A = ancho del tanque de aireación

$$L_A = 2 \times 2 \text{ m}$$

$$L_A = 4 \text{ m}$$

- **Volumen del tanque de aireación**

$$V_A = L_A \times a_A \times h$$

Ecuación 22

Dónde:

V_A = Volumen del tanque de aireación, (m³)

L_A = Largo del tanque de aireación, (m)

a_A = Ancho del tanque de aireación, (m)

h = Profundidad del tanque, (m) de la tabla 29-3

$$V_A = 4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$$

$$V_A = 36 \text{ m}^3$$

3.2.6.7. Cálculos para el Sistema de Coagulación – Floculación

Tabla 28-3: Información Típica para el diseño del tanque floculador

PARAMETROS	MEDIDA
Tiempo de retención (min)	1 – 60
Gradiente de Velocidad	500 – 1 000
Relación Geográfica (a)	3
Relación Geográfica (b)	3.5

Fuente: (EW, y otros, 2017 pág. 86)

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

$$V_{CF} = Q_{diseño} * T_{rh}$$

Ecuación 23

Dónde:

V_{CF} = Volumen del coagulador – floculador, (m³)

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño m³/s (Valor en la tabla 27-3)

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulica

Para el cálculo del área superficial se va tomar el dato de la tabla 30-3, el tiempo de retención de 1800s y el caudal que se va utilizar va ser multiplicada por los 25% de eliminación de espuma, solidos suspendidos entre otros.

$$Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{s} \times 0.75$$

$$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{CF} = 0.015 \text{ m}^3/\text{s} * 1800 \text{ s}$$

$$V_{CF} = 27 \text{ m}^3$$

- **Diámetro de mezcla**

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{CF} * a}{\pi * b}}$$

Ecuación 24

Dónde:

DT = diámetro de la cámara de mezcla, (m)

V_{CF} = Volumen del coagulador – floculador, (m³)

a* y *b = Relación geométrica de la Tabla 30-3

$$DT = \sqrt[3]{\frac{4 * 27 m^3 * 3}{\pi * 3.5}}$$
$$DT = 3 m$$

- **Profundidad de la cámara de mezcla**

$$H = b * \frac{DT}{a}$$

Ecuación 25

Dónde:

H = profundidad de la cámara de mezcla, (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla, (m)

a* y *b = Relación geométrica de la Tabla 30-3

$$H = 3.5 * \frac{3 m}{3}$$
$$H = 3.5 m$$

- **Diámetro de la turbina**

$$D = \frac{DT}{a}$$

Ecuación 26

Dónde:

D = Diámetro de la turbina, (m)

DT = Diámetro de la cámara de mezcla (m)

a = Relación geométrica de la Tabla 30-3

$$D = \frac{3 m}{3}$$
$$D = 1 m$$

- **Anchura de los deflectores**

$$W_d = \frac{D}{10}$$

Ecuación 27

Dónde:

W_d = anchura de los deflectores, (m)

D = Diámetro de la turbina, (m)

$$W_d = \frac{1 \text{ m}}{10}$$

$$W_d = 0.1 \text{ m}$$

- **Dimensiones de las paletas**

- ✓ **Longitud de las paletas**

$$B = \frac{D}{4}$$

Ecuación 28

Dónde:

B = Longitud de las paletas

D = Diámetro de la turbina

$$B = \frac{1 \text{ m}}{4}$$

$$B = 0.25 \text{ m}$$

- ✓ **Alto de la paleta**

$$W = \frac{D}{4}$$

Ecuación 29

Dónde:

W = alto de las paletas

D = Diámetro de la turbina

$$W = \frac{1 \text{ m}}{4}$$

$$W = 0.25 \text{ m}$$

- ✓ **Potencia aplicada al agua residual**

$$P = G^2 \times \mu \times V_{CF}$$

Ecuación 30

Dónde:

P = Potencia del motor eléctrico de las paletas, (W)

G^2 = Gradiente de Velocidad 250 s^{-1} , dato asumido de la tabla 30-3

μ = Viscosidad dinámica del agua residual (Nm/s^2) a 20°C temperatura del agua residual

V_{CF} = Volumen del coagulador – floculador, (m^3)

$$P = (500 \text{ s}^{-1})^2 \times 0.001002 \frac{\text{kg}}{\text{m s}} \times 27 \text{ m}^3$$

$$P = 6\,763.5 \text{ W} = 9 \text{ hp}$$

✓ Velocidad de Rotación

Es la cantidad de revoluciones por minuto que se va a producir en el tanque para efectuar la mezcla.

Tabla 29-3: Valores de K para las necesidades de energía de mezclado

IMPULSOR	REGIMEN LAMINAR
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41
Hélice, paso de dos, 3 palas	43.5
Turbina, 6 palas planas	71
Turbina, 6 palas curvas	70
Turbina ventilador, 6 palas	70
Turbina, 6 palas en punta de flecha	71
Paleta plana, 6 palas	36.5
Turbina cerrada, 2 palas curvas	97.5
Turbina cerrada con estator (con deflectores)	172.5

Fuente: (MEFCALF & EDDY, 1995 pág. 246)

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

$$N = \sqrt[3]{\frac{P}{K \times \rho \times D^5}}$$

Ecuación 31

Dónde:

P = Potencia necesaria, (W)

K = Constante del mezclado (valor considerado de la tabla 31-3)

ρ = Densidad del fluido (Kg/m^3), Apéndice C (MEFCALF & EDDY, 1995)

D = Diámetro de la turbina, (m)

$$N = \sqrt[3]{\frac{6\,763.5\text{ W}}{71 \times 998.207 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times (1\text{ m})^5}}$$

$$N = 0.46 \frac{\text{rev}}{\text{s}}$$

$$N = 27.6 \text{ RPM}$$

✓ **Ancho de las paletas del impulsor**

$$q = \frac{D}{5}$$

Ecuación 32

Dónde:

q = ancho de las paletas

D = Diámetro de la turbina

$$q = \frac{1\text{ m}}{5}$$

$$q = 0.2\text{ m}$$

✓ **Diámetro del disco central**

$$S = \frac{DT}{4}$$

Ecuación 33

Dónde:

S = Diámetro del disco central

DT = Diámetro de la cámara de mezcla

$$S = \frac{3\text{ m}}{4}$$

$$S = 0.75\text{ m}$$

✓ **Altura del impulsor respecto al fondo del tanque**

$$h = \frac{D}{1}$$

Ecuación 34

Dónde:

h = altura del impulsor

D = Diámetro de la turbina

$$h = \frac{1 \text{ m}}{1}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

3.2.6.8. Cálculo para las Eras de Secado

- **Volumen de lodos producidos**

Tabla 30-3: Tiempo requerido para la digestión

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTIÓN (d)
5	110
10	76
15	55
20	40
>20	30

Fuente: (Rojas, 2014) Sistema de tratamiento de aguas residuales

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

$$V_{LE} = \frac{V_{DT} * t_D}{1000}$$

Ecuación 35

Dónde:

V_{DT} = Volumen de los lodos digeridos $16.58 \text{ m}^3/d$

t_D = tiempo de digestión de los lodos con respecto a la temperatura

$$V_{LE} = \frac{16.58 \text{ m}^3/d * 40 \text{ d}}{1000}$$
$$V_{LE} = 0.66 \text{ m}^3$$

- **Área del lecho de secado**

El valor del ancho se le va a tomar un valor de 0.20 – 0.40 m. (Rojas, 2014) Para el cálculo del ancho el valor considerado va ser de 0.40 m.

$$A_{LS} = \frac{V_{LE}}{H_d}$$

Ecuación 36

Dónde:

A_{LS} = área del lecho de secado, (m²)

V_{LE} = El volumen del cálculo de los lechos producidos, (m³)

H_d = Es la profundidad de aplicación para el diseño, (0.40 m)

$$A_{LS} = \frac{0.66 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$A_{LS} = 0.26 \text{ m}^2$$

- **Longitud del lecho de secado**

Para el valor del ancho de secado según lo mencionado que puede estar entre 3 – 6 m, (Rojas, 2014)

$$L_{LS} = \frac{A_{LS}}{b_{LS}}$$

Ecuación 37

Dónde:

L_{LS} = La longitud del lecho de secado, (m)

A_{LS} = Área del lecho de secado, (m²)

b_{LS} = Ancho de secado el valor que se va tomar va ser de 3 m.

$$L_{LS} = \frac{0.26 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$L_{LS} = 0.1 \text{ m}$$

- **Volumen del tanque**

$$V_{TL} = L_{LS} * b_{LS} * H_d$$

Ecuación 38

Dónde:

V_{TL} = Volumen del tanque para lodos, (m³)

L_{LS} = La longitud del lecho de secado, (m)

b_{LS} = Ancho de secado el valor que se va tomar va ser de 3 m.

H_d = Es la profundidad de aplicación para el diseño, (0.40 m)

$$V_{TL} = 0.1 \text{ m} * 0.40 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$V_{TL} = 0.12 \text{ m}^3$$

- **Intervalo de tiempo para desalojar**

$$T_{DL} = \frac{V_{TL}}{Q}$$

Ecuación 39

Datos:

T_{DL} = intervalo de tiempo para desalojar los lodos

V_{TL} = Volumen del tanque para lodos, (m^3)

$Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$ Caudal a Utilizar

$$T_{DL} = \frac{0.12 \text{ m}^3}{0.015 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_{DL} = 8 \text{ s}$$

3.2.6.9. Cálculo para la Dosificación

Para la dosificación de los químicos se realizó tres soluciones al 10% de los químicos existentes en el laboratorio de Calidad de Agua, se le colocó 10 ml como base en un litro de agua, el más óptimo de los tres fue el Policloruro de Aluminio PAC.

- **Dosificación del PAC**

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Ecuación 40

$$C_2 = \frac{C_1 * V_1}{V_2}$$

Ecuación 41

Dónde:

C_1 = Concentración del PAC al 10%, 10 g/L

V_1 = Volumen consumido de PAC, 5 ml

C_2 = Concentración del PAC L/d

V_2 = Volumen consumido de la solución patrón para el tratamiento (ml), 1000ml

$$C_2 = \frac{C_1 * V_1}{V_2}$$

$$C_2 = \frac{10 \text{ g/L} * 0.005 \text{ L}}{1 \text{ L}}$$

$$C_2 = 0.05 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

- **Peso de PAC**

$$C_{PAC} = C_2 * C_{on \text{ PAC}}$$

Ecuación 42

Dónde:

C_{PAC} = Peso del PAC consumido diariamente (Kg/d)

C_2 = Concentración del PAC L/d

$C_{on \text{ PAC}}$ = Concentración del PAC utilizado en la floculación

$$Q = 0.015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * \frac{6 \text{ h}}{1 \text{ d}} = 324000 \frac{\text{L}}{\text{d}}$$

$$Cant_{PAC} = C_2 * Q$$

$$C_{PAC} = 0.05 \frac{\text{g}}{\text{L}} * 324000 \frac{\text{L}}{\text{d}}$$

$$C_{PAC} = 16.20 \frac{\text{Kg}}{\text{d}}$$

3.2.7. Resultado del dimensionamiento de equipos

Tabla 31-3: Características para la construcción del sistema de rejillas y canal

Parámetro	Valor
Área libre del paso del agua	$A_L = 0.05 \text{ m}^2$
Altura del tirante	$h = 0.10 \text{ m}$
Altura del canal	$H = 0.60 \text{ m}$
Longitud de barras	$L_b = 0.66 \text{ m}$
Número de barras	$N = 14$
Longitud Sumergida de la barra	$d_{m\acute{a}x} = 0.1 \text{ m}$
Radio Hidráulico	$RH = 0.18 \text{ m}$
Velocidad de tratamiento	$v = 0.51 \text{ m/s}$

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 32-3: Características para la construcción del sistema de homogeneización

Parámetro	Valor
Área	$A_H = 35 \text{ m}^2$
Diámetro	$D_H = 6.6 \text{ m}$
Radio	$r_H = 3.3 \text{ m}$
Volumen	$V_H = 84 \text{ m}^3$
Ancho de deflectores	$W_d = 0.66 \text{ m}$
Potencia de paletas	$P_H = 7 \text{ hp}$

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 33-3: Características para la construcción del sistema de aireación

Parámetro	Valor
Área	$A_A = 8 \text{ m}^2$
Ancho	$a_A = 2 \text{ m}$
Largo	$L_A = 4 \text{ m}$
Volumen	$V_A = 36 \text{ m}^3$

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 34-3: Características para la construcción del sistema de Coagulación - Floculación

Parámetro	Valor
Volumen	$V_{CF} = 27 \text{ m}^3$
Diámetro de la mezcla	$DT_{CF} = 3 \text{ m}$
Profundidad de la cámara de mezcla	$H_{CF} = 3.5 \text{ m}$
Diámetro de la turbina	$D_{CF} = 1 \text{ m}$
Anchura de los deflectores	$Wd_{CF} = 0.1 \text{ m}$
Dimensiones de las paletas	
Longitud de las paletas	$B_{CF} = 0.25 \text{ m}$
Alto de las paletas	$W_{CF} = 0.25 \text{ m}$
Potencia aplicada al agua residual	$P_{CF} = 9 \text{ hp}$
Numero de revoluciones por minuto	$N_{CF} = 28 \text{ RPM}$
Ancho de las paletas del impulsor	$q_{CF} = 0.2 \text{ m}$
Diámetro del disco central	$S_{CF} = 0.75 \text{ m}$
Altura del impulsor respecto el fondo del tanque	$h_{CF} = 1 \text{ m}$

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 35-3: Características para la construcción del sistema de Eras de secado

Parámetro	Valor
Volumen de lodos producidos	$V_{LE} = 0.66 \text{ m}^3$
Área del lecho de secado	$A_{LE} = 0.26 \text{ m}^2$
Longitud del lecho de secado	$L_{LS} = 0.1 \text{ m}$
Volumen del tanque	$V_{LS} = 0.12 \text{ m}^3$
Intervalo de tiempo por desalojar	$T_{LE} = 8 \text{ s}$

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.3. Procesos de producción

3.3.1. *Químicos necesarios para el proceso de producción*

Para obtener el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se utilizó PAC, como coagulante primario que contribuye a la remoción de sólidos suspendidos, color, turbidez, componentes de partículas orgánicas como el DBO y DQO. Desestabiliza los microorganismos, las partículas coloidales, permitiendo que se junten entre sí, formando coágulos que posteriormente se aglomeran, conformando flóculos de mayor tamaño, que son enviados al fondo del tanque por efecto de la gravedad. Su formación depende de una variedad de condiciones como el pH, tipo de mezcla, el periodo de sedimentación y la circulación de lodos.

3.3.2. *Procedimiento de operación*

Tratamiento del agua residual procedente de SPLENDID su lavandería:

1. El agua residual procedente de SPLENDID su lavandería, se divide en cuatro subprocesos: PRE-LAVADO, LAVADO, PRIMER ENGUAGUE Y SEGUNDO ENGUAGUE, será llevado por un canal al tanque de homogeneización de capacidad de 84 m^3 . Utilizado para homogeneizar el agua residual.
2. El agua procedente del homogeneizador será transportado al tanque de aireación con una capacidad de 36 m^3 , que tendrá difusores conectados a un compresor, el aire burbujeante desde su interior, durará 2 horas, eliminando la concentración de FOSFATOS y TENSOACTIVOS.

3. Posteriormente se traslada el agua residual al tanque de coagulación y floculación con una capacidad de 27 m^3 , se añade PAC como coagulante al 0.05 g/L o 50.0000001 ppm , que tendrá como finalidad bajar la concentración de DBO y DQO.
4. Finalmente el agua tratada se recirculará a través de una tubería al sub proceso de PRE-LAVADO, disminuyendo así la cantidad de agua que se utilizada o es adquirida para completar con su ciclo de lavado en **SPLENDID** su lavandería.

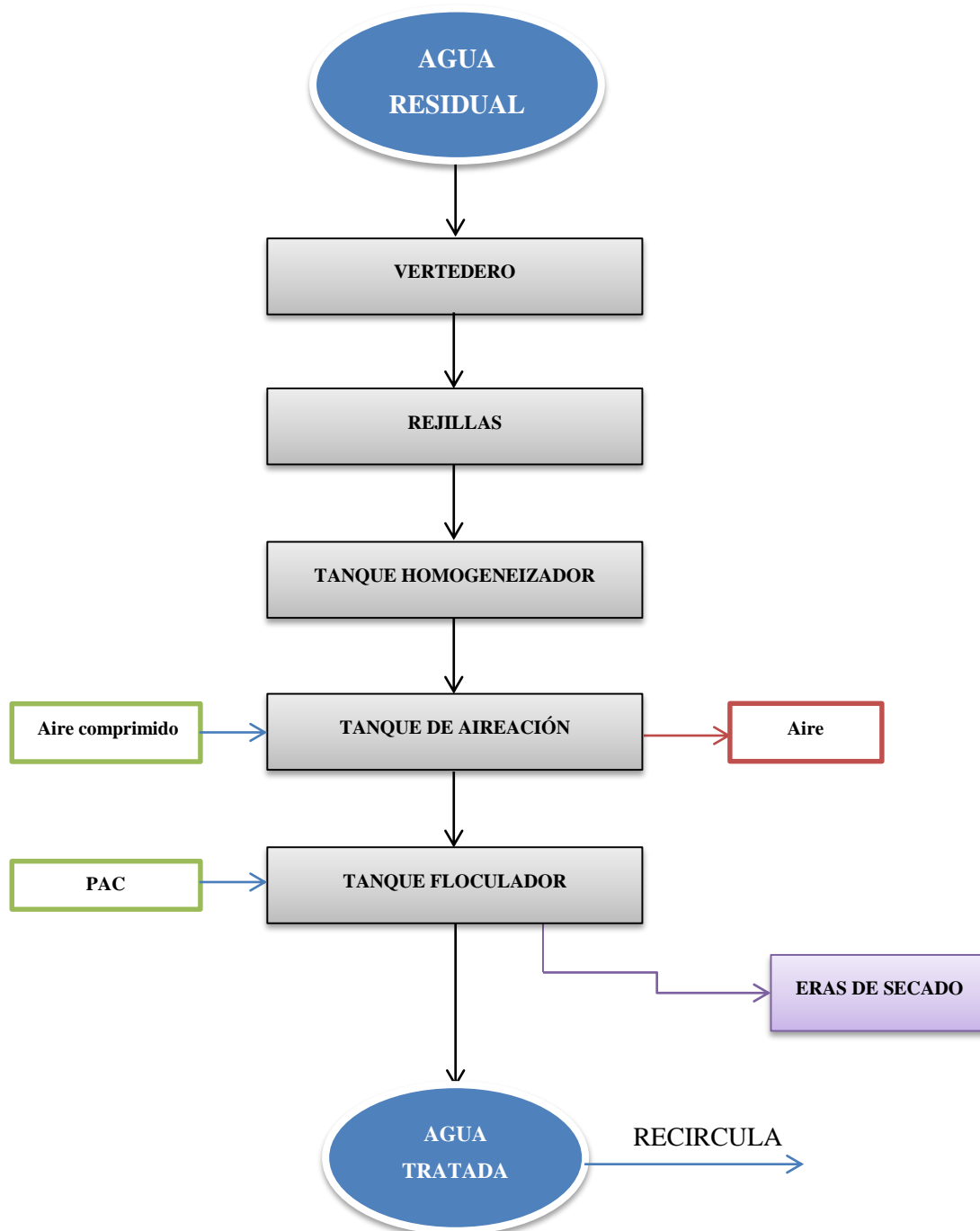


Gráfico 3-3: Diagrama de flujo del tratamiento de aguas residuales del proceso de lavado

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.4. Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria

3.4.1. Muestreo del Agua residual

Tabla 36-3: Normativa y Materiales usados en la muestra del agua residual

MATERIALES	NORMATIVA
Mandil Guantes Mascarilla Recipientes de plásticos Recipientes de Vidrio Recipiente Estéril	Se realizó el muestreo según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE:INEN 2169:98, Agua, Calidad de Agua, Muestreo, Manejo y conservación de muestras.

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.4.2. Medición del caudal

Los materiales y equipos que se utilizó para la determinación del caudal se detallan a continuación:

Tabla 37-3: Materiales y equipos para la medición del caudal

MATERIALES	EQUIPOS
Cuaderno Esferográfico Medidor del caudal de las lavadoras	Cámara Fotográfica Lavadoras grandes, medianas y pequeñas

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.4.3. Caracterización físico-química y microbiológica del agua

Tabla 38-3: Materiales, reactivos y equipos para la caracterización físico química

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Capsulas de porcelana Balanza analítica Baño María Buretas Embudos de separación Vasos de precipitación Balones aforados Papel filtro Pipetas Varilla de agitación	Agua destilada Vial Pipa reactiva Píldora nutriente de Potasio Hexano Sulfate Phosphate RGT Cubre Ferro Clorine	Fotómetro Turbidímetro pHmetro Digestor de DQO Digestor DBO ₅ Estufa

Soporte Universal		
Mandil		
Guantes		
Mascarilla		

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 39-3: Materiales, reactivos y equipos para la caracterización microbiológica

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Vasos de precipitación	Agua destilada	Estufa
Balones aforados	Cultivo	Cámara incubadora
Pipetas		
Mandil		
Guantes		
Mascarilla		
Pizzeta		

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.4.4. Pruebas de tratabilidad

Tabla 40-3: Materiales, reactivos y equipos para la tratabilidad del agua residual

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Recipientes de plástico	Agua Destilada	Fotómetro
Compresor	PAC	Turbidímetro
1 Balde de 5 litros	Vial	pHmetro
Tamices	Pipa reactiva	Digestor de DQO
Vasos de precipitación	Píldora nutriente de Potasio	Digestor DBO ₅
Probeta	Hexano	Estufa
Balones	Sulfate	
Pipetas	Phosphate RGT	
Varillas de agitación	Cubre	
Pizzeta	Ferro	
	Clorine	

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.5. Análisis de costo/beneficio del proyecto

El diseño de la planta de tratamiento del agua residual procedente de SPLENDID su lavandería implementara beneficio a la empresa en cuanto a evitar fuertes multas por parte de los organismos de control ambiental y así el cuidado de la vida.

A continuación se muestran los costos de diseño y funcionamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales.

Tabla 41-3: Costo civil de la mano de obra para el sistema de tratamiento

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
CANAL Y REJILLA			
2	Quintales de varilla ½ de 12 pulgadas	\$ 60.00	\$ 120.00
3	Quintales de cemento	\$ 7.50	\$ 22.50
½	Volqueta de Ripio triturado de 8 m³	\$ 70.00	\$ 35.00
½	Volqueta de Arena de río de 8 m³	\$ 90.00	\$ 45.00
½	Volqueta de Macadán triturado de piedra 8 m³	\$ 80.00	\$ 40.00
3	Tablas	\$ 2.50	\$ 7.50
2	Pingos	\$ 1.50	\$ 3.00
1	Malla extra soldada de 10	\$ 35.00	\$ 35.00
Subtotal			\$ 308.00
TANQUE DE HOMOGENEIZADOR			
6	Quintales de varilla ½ de 12 pulgadas	\$ 60.00	\$ 360.00
100	Quintales de cemento	\$ 7.50	\$ 750.00
3	Volqueta de Ripio triturado de 8 m³	\$ 70.00	\$ 210.00
3	Volqueta de Arena de río de 8 m³	\$ 90.00	\$ 270.00
3	Volqueta de Macadán triturado de piedra 8 m³	\$ 80.00	\$ 240.00
100	Tablas	\$ 2.50	\$ 250.00
50	Pingos	\$ 1.50	\$ 75.00
15	Malla extra soldada de 10	\$ 35.00	\$ 525.00
3	Cajas de clavos de 2 pulgadas	\$ 25.00	\$ 75.00
1	Tubería de acero inoxidable de 12 pulgadas	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
1	Válvula de seguridad de apertura instantánea	\$ 150.00	\$ 150.00
1	Motor eléctrico para mezclado de 7 hp	\$ 492.00	\$ 492.00
Subtotal			\$ 4 397.00
TANQUE DE AIREACIÓN			
5	Quintales de varilla ½ de 12 pulgadas	\$ 60.00	\$ 300.00
88	Quintales de cemento	\$ 7.50	\$ 660.00
2	Volqueta de Ripio triturado de 8 m³	\$ 70.00	\$ 140.00
2	Volqueta de Arena de río de 8 m³	\$ 90.00	\$ 180.00
2	Volqueta de Macadán triturado de piedra 8 m³	\$ 80.00	\$ 160.00
88	Tablas	\$ 2.50	\$ 220.00
44	Pingos	\$ 1.50	\$ 66.00
13	Malla extra soldada de 10	\$ 35.00	\$ 455.00
1	Tubería de acero inoxidable de 12 pulgadas	\$ 1 000.00	\$ 1 000.00
1	Válvula de seguridad de apertura instantánea	\$ 150.00	\$ 150.00
10	Difusores circulares	\$ 75.00	\$ 750.00
Subtotal			\$ 4 081.00

TANQUE DE FLOCULACIÓN			
3	Quintales de varilla ½ de 12 pulgadas	\$ 60.00	\$ 180.00
65	Quintales de cemento	\$ 7.50	\$ 487.50
1	Volqueta de Ripio triturado de 8 m³	\$ 70.00	\$ 70.00
1	Volqueta de Arena de río de 8 m³	\$ 90.00	\$ 90.00
1	Volqueta de Macadán triturado de piedra 8 m³	\$ 80.00	\$ 80.00
65	Tablas	\$ 2.50	\$162.50
32	Pingos	\$ 1.50	\$ 48.00
10	Malla extra soldada de 10	\$ 35.00	\$ 350.00
2	Tubería de acero inoxidable de 12 pulgadas	\$ 1 000.00	\$ 2 000.00
2	Válvula de seguridad de apertura instantánea	\$ 150.00	\$ 300.00
1	Motor eléctrico para mezclar de 9 hp	\$ 548.00	\$ 548.00
Subtotal			\$ 4 465.00
ERAS DE SECADO			
1	Quintales de varilla ½ de 12 pulgadas	\$ 60.00	\$ 60.00
1	Quintales de cemento	\$ 7.50	\$ 7.50
½	Volqueta de Ripio triturado de 8 m³	\$ 70.00	\$ 35.00
½	Volqueta de Arena de río de 8 m³	\$ 90.00	\$ 45.00
½	Volqueta de Macadán triturado de piedra 8 m³	\$ 80.00	\$ 40.00
1	Tablas	\$ 2.50	\$ 2.50
1	Pingos	\$ 1.50	\$ 1.50
1	Malla extra soldada de 10	\$ 35.00	\$ 35.00
Subtotal			\$ 226.50

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 42-3: Costo civil de la mano de obra

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
MANO DE OBRA			
3	Albañiles (por semana) (se trabajara 6 semanas)	\$ 150.00	\$ 2 700.00
1	Chofer (básico)	\$ 388.00	\$ 582.00
1	Soldador (básico)	\$ 388.00	\$ 582.00
5	Volquetas para retiro del material	\$ 25.00	\$ 125.00
1	Maquinarias para la excavación del suelo (por hora)	\$ 30.00	\$ 90.00
Subtotal			\$ 4 079.00

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 43-3: Costo de insumo por mes para el tratamiento de agua residual

Insumo	Caudal por tratar (l/mes)	Concentración media utilizada (g/L)	Precio unitario (USD/Kg)	Cantidad (Kg/mes)	Precio Total (USD/mes)
PAC	9720000	0.05	1.15	430	494.5
TOTAL					492.5 USD/mes

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

Tabla 44-3: Costo total para la implementación del sistema de tratamiento

Descripción	Costo
Canal y Rejillas	\$ 308.00
Homogeneizador	\$ 4 397.00
Aireador	\$ 4 081.00
Floculador	\$ 4 465.00
Eras de secado	\$ 226.50
Mano de obra	\$ 4 079.00
PAC USD/mes	\$ 494.5
TOTAL	\$ 18 051.00

Realizado por: Quinatoa, Karina, 2018

3.6. Cronograma de ejecución del Proyecto

<div>TIEMPO</div> <div>ACTIVIDADES</div>	MES																											
	1°				2°				3°				4°				5°				6°							
	MES				MES				MES				MES				MES				MES							
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																												
Caracterización física, química y bacteriológica las aguas residuales.																												
Determinación de las variables para el diseño.																												
Realización de las pruebas de tratabilidad.																												
Realización de los cálculos de ingeniería para el respectivo diseño.																												
Factibilidad técnica y económica del diseño																												
Validación del diseño (caracterización final física, química y bacteriológica)																												
Elaboración y corrección de borradores																												
Redacción del trabajo final																												
Empastado y presentación del trabajo final																												
Auditoría Académica																												
Defensa del trabajo																												

CONCLUSIONES

- Se efectuó la caracterización inicial, físico – química y microbiológica del agua residual de la lavandería SPLENDID, mediante los métodos normalizados APHA, AWWA, WPCF, STANDARS METHODS 21° EDICIÓN y métodos HACH. Los datos fueron colacionados con los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, que indicó los parámetros no estaban dentro de los parámetros permitidos: DQO 1240 mg/L; DBO₅ 536 mg/L; Fosfatos 85 mg/L; Tensoactivos 222 mg/L.
- Se identificó las principales variables para el diseño: el caudal de diseño con un valor de 0.02 m³/s, el grado de contaminación de las aguas, el óptimo tratamiento a diseñar mediante el índice de biodegradabilidad y la temperatura.
- Se obtuvo una eficiencia de remoción en el tanque floculador: DQO 78.54%; DBO₅ 79.44%; Fosfatos 97.06%; Tensoactivos 99.19%, mostrando una alta validez en las pruebas de tratabilidad.
- Se ejecutó los cálculos de ingeniería y el dimensionamiento del sistema de tratamiento de las aguas de la lavandería SPLENDID, un canal, rejillas, tanque homogeneizador, tanque de aireación, tanque de floculación y un tanque de eras de secado.
- Se validó el tratamiento utilizado en los laboratorios de; Calidad de Agua de la ESPOCH y el Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH acreditado por el Servicio Ecuatoriano (SAE), el mismo que se verificó mediante los límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.
- Se determinó el costo de implementación de la planta con un valor \$ 18 051. Dicho valor abarca la adecuación del terreno, materiales de construcción con sus respectivos accesorios y mano de obra calificada.

RECOMENDACIONES

- Programar el mantenimiento una vez cada año de todo el sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales, para controlar su buen funcionamiento.
- Realizar la limpieza manual de las rejillas para no retener sólidos, provocando una obstrucción del paso normal del fluido hacia el homogeneizador.
- Retirar de manera manual las espumas, sólidos y grasas del proceso de aireación en el tratamiento de aguas residuales, para que no exista una contaminación del efluente.
- El diseño de la planta debe ser por gravedad para no tener gastos innecesarios en la instalación de bombas y así ahorrar en el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Contar con un lugar específico para la preparación de las soluciones que cuente con equipos necesarios para llevarlos a cabo.

GLOSARIO

TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente
DBO_5	Demanda biológica de oxígeno (mg/L)
DQO	Demanda química de oxígeno (mg/L)
Q_D	Caudal diario, en L/s o m ³ /s
Q_T	Caudal total L/s o m ³ /s
A_L	Área de paso de agua (m ²)
v	Velocidad de flujo (m/s)
h	Altura del tirante del canal (m)
B	Ancho del canal (m)
H	Altura del canal (m)
h_s	Altura de seguridad (m)
L_b	Longitud de barras (m)
ϕ	65°
$N *$	Número de barras
d_{max}	Longitud sumergida de la (m)
h_c	Pérdida de carga
β	Factor dependiente de la forma de la barra
e	Espesor de las barras (m)
W	Separación entre las barras
$2g$	9.8 m/s ²
RH	Radio hidráulico, m
S	Pendiente del canal rectangular revestido del hormigón
n	Coefficiente de Manning
A_H	Área del homogeneizador, m ²
$Q_{diseño}$	Caudal de diseño m ³ /s
C_s	Carga superficial m ³ /m ² d
D_H	Diámetro del homogeneizador, m
π	Valor adimensional 3.1415
r_H	Radio del homogeneizador
h_H	Altura del homogeneizador, (m)
f_s	Factor de seguridad
W_d	Ancho de los deflectores, (m)
P_H	Potencia del motor eléctrico de las paletas, (W)

G^2	Gradiente de Velocidad s^{-1}
μ	Viscosidad dinámica del agua residual (Nm/s ²)
A_A	Área del tanque de aireación, (m ²)
h	Profundidad del tanque, (m)
a_A	Ancho del tanque de aireación, (m)
L_A	Largo del tanque de aireación
V_{CF}	Volumen del coagulador – floculador, (m ³)
T_{rh}	Tiempo de retención hidráulica
DT	Diámetro de la cámara de mezcla, (m)
V_{CF}	Volumen del coagulador – floculador, (m ³)
a y b	Relación geométrica de la Tabla 30-3
H	Profundidad de la cámara de mezcla, (m)
D	Diámetro de la turbina, (m)
W_d	Anchura de los deflectores, (m)
B	Longitud de las paletas
W	Alto de las paletas
P	Potencia del motor eléctrico de las paletas, (W)
K	Constante del mezclado
ρ	Densidad del fluido (Kg/m ³)
q	Ancho de las paletas
S	Diámetro del disco central
V_{DT}	Volumen de los lodos digeridos m^3/d
t_D	Tiempo de digestión de los lodos con respecto a la temperatura
A_{LS}	Área del lecho de secado, (m ²)
V_{LE}	El volumen del cálculo de los lechos producidos, (m ³)
H_d	Es la profundidad de aplicación para el diseño, (m)
L_{LS}	La longitud del lecho de secado, (m)
A_{LS}	Área del lecho de secado, (m ²)
b_{LS}	Ancho de secado, (m)
V_{TL}	Volumen del tanque para lodos, (m ³)
T_{DL}	Intervalo de tiempo para desalojar los lodos
C_1	Concentración del PAC al 10%
V_1	Volumen consumido de PAC
C_2	Concentración del PAC L/d
V_2	Volumen consumido de la solución patrón para el tratamiento (ml)

BIBLIOGRAFÍA

CALLE, LOURDES. *Splendid Su lavandería.* [En línea] Lic. Lourdes Calle, 2017. [Citado el: 03 de Marzo de 2018.] <https://www.guimun.com/ecuador/negocios/2739/splendid-su-lavanderia>.

COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES. *Composición de las Aguas Residuales.* Aguamarket. [En línea] 17 de 09 de 2018. [Citado el: 25 de 06 de 2018.] <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2792>.

CRITES, RONALD. *Tratamiento de Aguas en Pequeñas Poblaciones.* Primera Edición. Santa Fé de Bogota Colombia : McGraw Hill Interamericana S.A., 2000. 33/246.

POZO, HUGO. *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.* [En línea] 2014. [Citado el: 03 de Marzo de 2018.] https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf.

EW, RICE, & RB, BAIRD Y & D, EATON. *Métodos Normalizados. Para el análisis de aguas potables y residuales.* 23RD EDITION. USA : American Public Health Association, 2017.

MARÍN, RAFAEL. *Procesos Físico Químicos en Depuración de Aguas.* [En línea] 2013. [Citado el: 03 de Junio de 2019.] <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788499693873.pdf>.

MEFCALF & EDDY, ICN. *Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y utilización.* Tercera Edición, Volumen I. Madrid : McGraw-Hill/Interamericana S.A., 1995. 78/538.

METCALF & EDDY, INC. *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y utilización.* Madrid España : McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A., 2005.pp. 71. 70/74.

ROJAS, R. *Sistema de tratamiento de las aguas residuales: Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales.* Lima Perú : Cepis/ops-oms, 2014.

ROMERO, JAIRO. *Calidad del Agua: Teoría y Principio de diseño.* Segunda Edición. Bogota Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008.

RUBENS, RAMALHO. *Tratamiento de Aguas Residuales.* Quebec : Reverte, 2003.

RUBENS, RAMALHO. *Neutralización de pH.* España : Reverte, 1996. pp. 176. 176.

RUSSELL, DAVID. *Tratamiento de aguas residuales, un enfoque práctico.* ORIGINAL. Barcelona España : Reverté, S.A., 2012.

SEVERICHE SIERRA, CARLOS ALBERTO, et. al. *Método analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en agua.* Cartagena de Indias, Colombia : Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso para EUMED.net, 2013.


TULSMA. *Anexo I del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente, norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, 097A.* Edición Especial N° 387. Quito : Registro Oficial, 2015.

ANEXOS

ANEXO A: límites permisibles de la Tabla N°8; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público del Acuerdo Ministerial 097-A. Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Ci nc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Mangane so total	Mn	mg/l	10,0
Me rcurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ²⁺	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

ANEXO B Caracterización Inicial del Agua Residual



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS
Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA

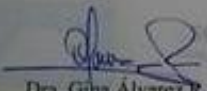
Análisis solicitado por	Rosa Karina Quinatoa Chimbolema
Fecha de Análisis	09 de Julio del 2018
Fecha de Entrega de Resultados	24 de Julio del 2018
Tipo de muestras	Agua Residual de la Lavandería SPLENDID; Caracterización Inicial
Localidad	Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Unid.	4500-B	6-9	6.8
Color	Pt/Co	2120-C	-	1040.0
Conductividad	µSiemens/cm	2510-B	<1250.0	417
Turbiedad	UNT	2130-B	-	149
Aceites y Grasas	mg/L	5520-B	70.0	10.0
Cloro Activo	mg/L	4500-CL-G	0.5	0.55
Cobre	mg/L	HACH-88	1.0	0.92
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250.0	536.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500.0	1240.0
Fósforo Total	mg/L	4500-PD	15.0	85.0
Hierro Total	mg/L	3500-D	25.0	0.61
Manganeso Total	mg/L	HACH-290	10.0	<0.1
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540-D	220.0	165.0
Sólidos Totales	mg/L	2540-B	1600.0	1044.0
Sulfatos	mg/L		400.0	220.0
Temperatura	°C	2550-D	<40.0	20.0
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Microfiltración	-	81000
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Microfiltración	-	38000

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.
 **TULSMA TABLA 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Observaciones: Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Fosfatos fuera de Norma.

Atentamente,


Dra. Giha Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

ANEXO C. Caracterización del Agua Residual (Tensoactivos)



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES
Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006

Nº SE: 063 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Karina Quinotoa
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH
DIRECCIÓN: 9 de Octubre y Larrea
TELÉFONO: 0959601013

INFORME Nº: 063 - 18
Nº SE: 063 - 18
FECHA DE RECEPCIÓN: 01 - 08 - 18
FECHA DE INFORME: 08 - 08 - 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual lavandería, Riobamba
IDENTIFICACIÓN: MA - 162-18
TIPO DE MUESTRA: Agua

El laboratorio se responsabiliza sólo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 162-18

PARAMETROS	UNIDADES	METODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U/K=2	FECHA DE ANALISIS
* Detergentes	mg/l	STANDARD METHODS 5540 - C	272	N/A	01 - 08 - 18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales A.D.H.A., A.M.S.A., I.W.Q.F., STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:
Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del Laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edición Sierra Xim 1 1/2 vía a Cuernavaca Administrativa

ANEXO D. Caracterización del agua después de la Aireación



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS DEL AGUA

Análisis solicitado por	Rosa Karina Quinatos Chimbolema
Fecha de Análisis	13 de Agosto del 2018
Fecha de Entrega de Resultados	29 de Agosto del 2018
Tipo de muestras	Agua Residual de la Lavandería SPLENDID; Tratamiento del Agua; Aireación
Localidad	Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Unid	4500-B	6.9	7.43
Turbiedad	UNT	2130-B	-	58.7
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250.0	440
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500.0	1018
Fósforo Total	mg/L	4500-PT	15.0	18.0

*Métodos Normalizados: APHA, AWWA, WPCF.
**TULSMA TABLA 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público


Observaciones: Valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y Fosfatos fuera de Norma.

Atentamente,



Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

ANEXO E. Caracterización del Agua mediante la Tratabilidad del Test de Jarras



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS
Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

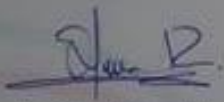
INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS DEL AGUA

Análisis solicitado por	Rosa Karina Quinatoa Chimbolema
Fecha de Análisis	15 de Agosto del 2018
Fecha de Entrega de Resultados	31 de Agosto del 2018
Tipo de muestras	Agua Residual de la Lavandería SPLENDID; Tratamiento del Agua; Test de Jarras
Localidad	Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo




Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
pH	Unid	4500-B	6-9	6.64
Turbiedad	UNT	2130-B	-	6.67
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5210-B	250.0	115.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-C	500.0	255.0
Fósforo Total	mg/L	4500-PD	15.0	2.5

*Métodos Normalizados, APHA, AWWA, WPCF.
**TULSMA TABLA 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público





Aterramiento,


Dra. Gina Álvarez R.
RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA





ANEXO F. Punto de Muestreo del Agua Residual

<div><div>A</div><div>B</div><div>C</div></div>			
<div><div></div><div></div><div></div></div>			
<div>NOTAS</div> <div>A. Tubería de descarga</div> <div>B. Muestras Recolectadas</div> <div>C. Recipiente de la Muestra</div>	<div>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</div> <div>CERTIFICADO</div> <div>APROBADO</div> <div>POR APROBAR</div> <div>POR ELIMINAR</div> <div>POR CALIFICAR</div> <div>INFORMACIÓN</div>	<div>ESPOCH</div> <div>FACULTAD DE CIENCIAS</div> <div>INGENIERÍA QUÍMICA</div> <div>ROSA KARINA QUINATOA CH.</div>	<div>DISEÑO DE UN SISTEMA DE</div> <div>TRATAMIENTO DE AGUAS</div> <div>RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN</div> <div>EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA</div> <div>LAVANDERÍA SPLENDID</div>



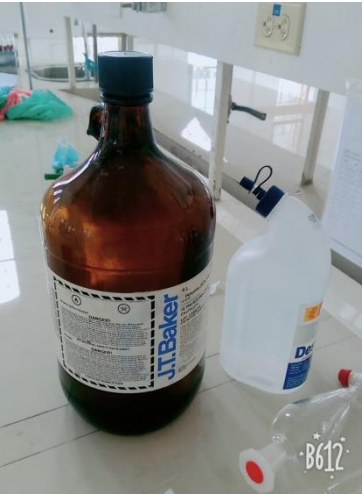

ANEXO G. Caracterización Inicial del Agua Residual parte I

A	B	C	D
			
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID
A. Análisis de Sólidos Totales B. Análisis de DQO C. Análisis de DBO ₅ D. Análisis Microbiológicos	CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR CALIFICAR POR APROBAR INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA ROSA KARINA QUINATO CH.	


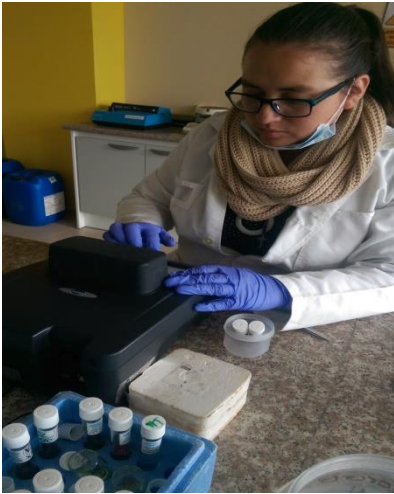


ANEXO H. Caracterización Inicial del Agua Residual parte II

<p>E</p> 	<p>F</p> 	<p>G</p> 	<p>H</p> 
<p>NOTAS</p> <p>E. Análisis de Fosforo</p> <p>F. Análisis de pH</p> <p>G. Análisis de Turbiedad</p> <p>H. Análisis de Cloro, Manganeseo, Hierro y Cobre.</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR INFORMACIÓN</p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ROSA KARINA QUINATO CH.</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID</p>




ANEXO I. Caracterización Inicial del Agua Residual parte III

<div><div>I</div><div>J</div><div>K</div><div>L</div></div>			
<div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>			
<div>NOTAS</div> <div>I. Resultado de DQO</div> <div>J. Peso de los solidos totales</div> <div>K. Benceno</div> <div>L. Análisis de Aceites y grasas</div>	<div>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</div> <div>CERTIFICADO</div> <div>APROBADO</div> <div>POR APROBAR</div> <div>POR ELIMINAR</div> <div>POR CALIFICAR</div> <div>INFORMACIÓN</div>	<div>ESPOCH</div> <div>FACULTAD DE CIENCIAS</div> <div>INGENIERÍA QUÍMICA</div> <div>ROSA KARINA QUINATO CH.</div>	<div>DISEÑO DE UN SISTEMA DE</div> <div>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y</div> <div>SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE</div> <div>LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID</div>


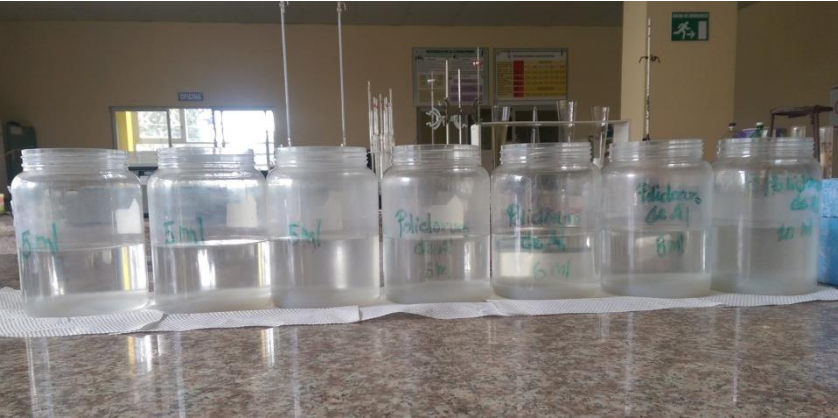

ANEXO J. Pruebas de Tratabilidad mediante el tratamiento de Aireación

<p>A</p> 	<p>B</p> 	<p>C</p> 	<p>D</p> 
<p>NOTAS</p> <p>A. Tratabilidad por aireación</p> <p>B. Análisis de caracterización</p> <p>C. Análisis de DQO</p> <p>D. Análisis de Fosforo</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p> <p>CERTIFICADO POR ELIMINAR</p> <p>APROBADO POR CALIFICAR</p> <p>POR APROBAR INFORMACIÓN</p>	<p>ESPOCH</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ROSA KARINA QUINATO A CH.</p>	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID</p>

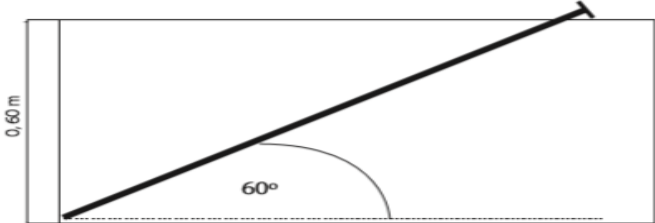
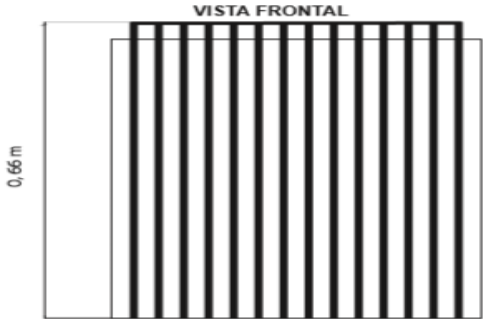
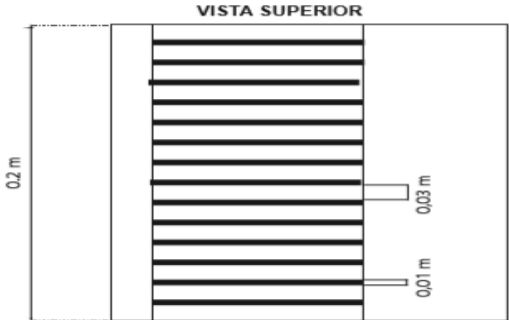
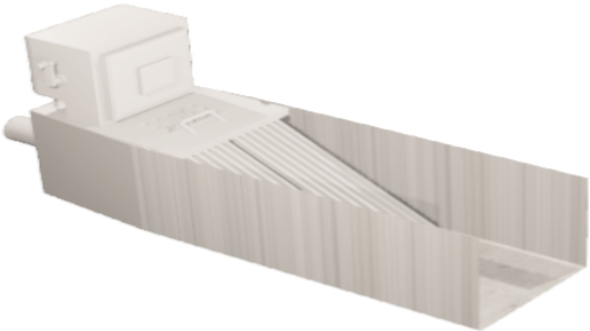
ANEXO K. Pruebas de Tratabilidad mediante el Test de Jarras parte I

<div><div>A</div><div>B</div><div>C</div></div>			
<div><div></div><div></div><div></div></div>			
<div>NOTAS</div> <div>A. Reactivos B. Soluciones al 10% C. Medida de la Muestra</div>	<div>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</div> <div>CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR CALIFICAR POR APROBAR INFORMACIÓN</div>	<div>ESPOCH</div> <div>FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA</div> <div>ROSA KARINA QUINATO CH.</div>	<div>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”</div>

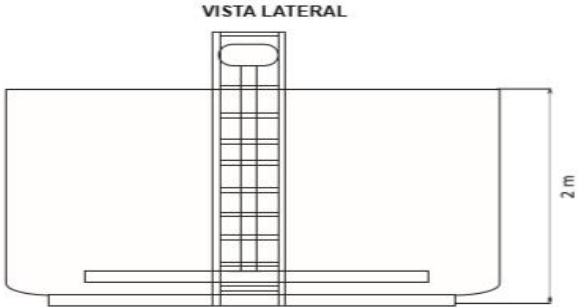
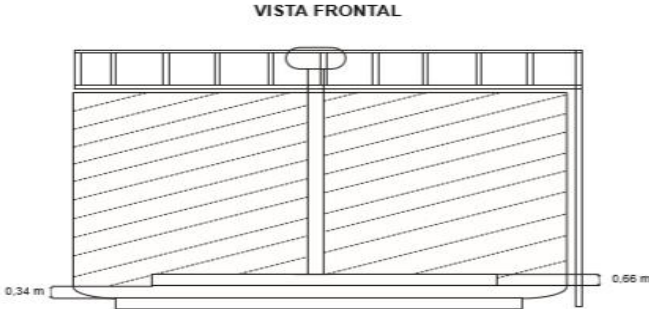
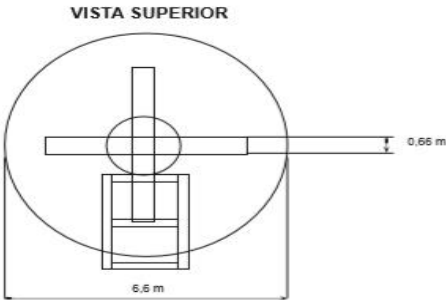

ANEXO L. Pruebas de Tratabilidad mediante el Test de Jarras parte II

<div><div>D</div><div>E</div><div>F</div></div>			
<div></div>			
<div>NOTAS</div> <div>D. Flocculación de soluciones E. Flocculation del PAC F. Agua Tratada</div>	<div>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</div> <div>CERTIFICADO POR ELIMINAR APROBADO POR CALIFICAR POR APROBAR INFORMACIÓN</div>	<div>ESPOCH</div> <div>FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA</div> <div>ROSA KARINA QUINATO A CH.</div>	<div>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”</div>


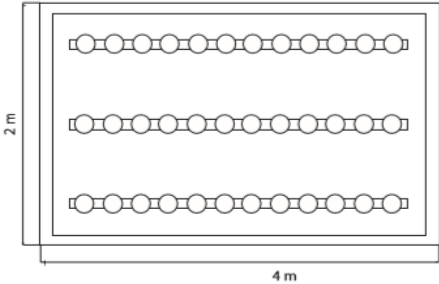
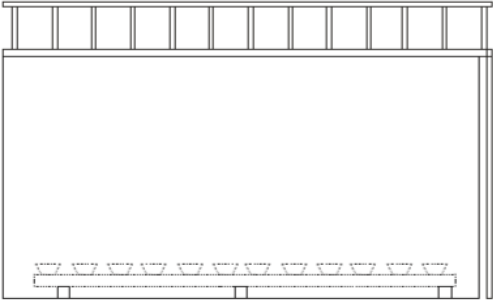
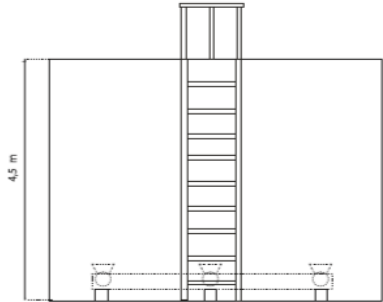
ANEXO M. Sistema De Rejillas

<div></div>			
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH
SISTEMA DE REJILLAS	CERTIFICADO	POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS
	APROBADO	POR CALIFICAR	INGENIERÍA QUÍMICA
	POR APROBAR	INFORMACIÓN	ROSA KARINA QUINATOA CH.
			“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”


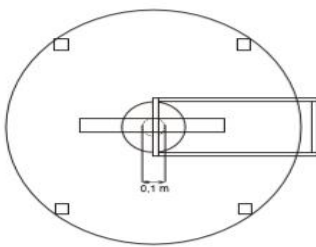
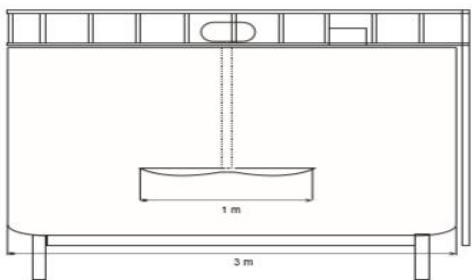
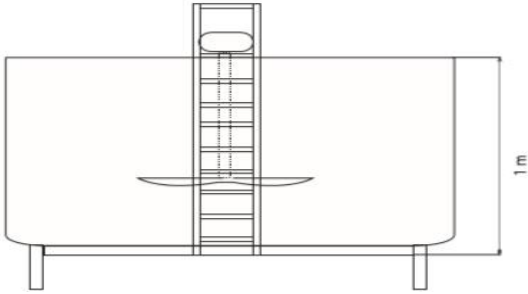
ANEXO N. Tanque De Homogeneización

<div></div>			
<div>NOTAS</div> <div>TANQUE DE HOMOGENEIZACIÓN</div>	<div>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</div> <div>CERTIFICADO APROBADO POR APROBAR</div> <div>POR ELIMINAR POR CALIFICAR INFORMACIÓN</div>	<div>ESPOCH</div> <div>FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA</div> <div>ROSA KARINA QUINATO A CH.</div>	<div>“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”</div>


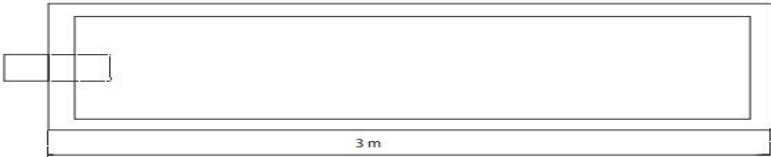
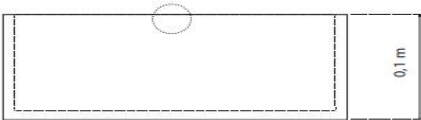
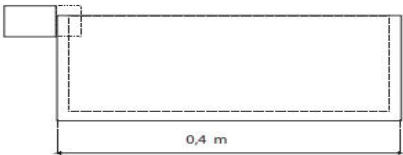
ANEXO O. Tanque De Aireación

<div><div><p>VISTA SUPERIOR</p></div><div><p>VISTA FRONTAL</p><p>VISTA LATERAL</p></div></div>			
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH
TANQUE DE AIREACIÓN	CERTIFICADO	POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS
	APROBADO	POR CALIFICAR	INGENIERÍA QUÍMICA
	POR APROBAR	INFORMACIÓN	ROSA KARINA QUINATOA CH.
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”			


ANEXO P. Tanque De Coagulación - Floculación

<div><p>VISTA SUPERIOR</p><p>VISTA FRONTAL</p><p>VISTA LATERAL</p></div>			
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH
TANQUE DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN	CERTIFICADO APROBADO POR APROBAR	POR ELIMINAR POR CALIFICAR INFORMACIÓN	FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERÍA QUÍMICA ROSA KARINA QUINATOA CH.
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”			

ANEXO Q. Tanque De Eras De Secado

<div><div></div><div><p>VISTA SUPERIOR</p></div><div><p>VISTA FRONTAL</p></div><div><p>VISTA LATERAL</p></div></div>			
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH
TANQUE DE ERAS DE SECADO	CERTIFICADO	POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS
	APROBADO	POR CALIFICAR	INGENIERÍA QUÍMICA
	POR APROBAR	INFORMACIÓN	ROSA KARINA QUINATO A CH.
			“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”

ANEXO R. Plano General

				
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESPOCH	“DISEÑO DE UN SISTEMA DE
PLANO GENERAL	CERTIFICADO	POR ELIMINAR	FACULTAD DE CIENCIAS	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y
	APROBADO	POR CALIFICAR	INGENIERÍA QUÍMICA	SU REUTILIZACIÓN EN EL PROCESO DE
	POR APROBAR	INFORMACIÓN	ROSA KARINA QUINATO A CH.	LAVADO EN LA LAVANDERÍA SPLENDID”



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 04 / 08 /2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Rosa Karina Quinatoa Chimbolema
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



04-08-2020

0168-DBRAI-UPT-2020